

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra fyzické geografie a ekologie

Studijní program: Geografie (bakalářské studium)

Studijní obor: Geografie - kartografie



Petra KRATOCHVÍLOVÁ

**ZMĚNY KRAJINNÉHO POKRYVU V KRUŠNÝCH HORÁCH  
A JEJICH MOŽNÝ VLIV NA SRÁŽKO-ODTOKOVÝ PROCES**

**LAND COVER CHANGES IN ORE MOUNTAINS AND THEIR  
POSSIBLE IMPACT ON RAINFALL-RUNOFF PROCESS**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Michal Jeníček, Ph.D.

Praha 2012

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 27. 8. 2012

.....

podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce RNDr. Michalu Jeníčkovi Ph.D. za vedení práce, cenné rady, připomínky k práci a poskytnutá data. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu a trpělivost, kterou se mnou měli po celou dobu studia.

## **Zadání bakalářské práce**

**Jméno studenta:** Petra Kratochvílová

**Jméno vedoucího práce:** RNDr. Michal Jeníček Ph.D.

## **Název práce**

Změny krajinného pokryvu v Krušných horách a jejich možný vliv na srážko-odtokový proces

## **Cíle práce**

Bakalářská práce si stanovuje následující cíle:

1. Zhodnocení aktuálního stavu výzkumu v oblasti vlivu vegetace na odtok a rozbor jednotlivých příčinných faktorů v kontextu krajinných změn.
2. Vyhodnocení současného stavu krajinného pokryvu v modelovém povodí Chomutovky (ortofota, terénní průzkum), analýza změn krajinného pokryvu ve srovnání s dříve vyhodnocenými lety 1975 a 1987.

## **Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje**

První část práce bude tvořit přehled české i zahraniční odborné literatury, která se věnuje problematice změn krajinného pokryvu a jeho vlivu na srážko-odtokové procesy v povodích se zaměřením na horské oblasti. Práce bude řešeršní formou na příkladu provedených studií hodnotit vliv na odtok povodí jak z hlediska celkové bilance, tak z hlediska vlivu na extrémní hydrologické jevy.

Ve druhé části proběhne analýza současného stavu krajinného pokryvu v modelovém povodí Chomutovky na podkladě ortofot a vlastního terénního mapování. Bude také provedeno srovnání s dříve hodnocenými lety 1975 a 1987.

Datum zadání: 8. 12. 2011

Podpis studenta

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

# **Změny krajinného pokryvu v Krušných horách a jejich možný vliv na srážko-odtokový proces**

## **Abstrakt**

Ke změnám krajinného pokryvu dochází již od vzniku Země, ale stále více představují tyto změny, hlavně antropogenního charakteru, velký problém v řadě míst po celém světě. Je proto nezbytné sledovat, jak krajinný pokryv a jeho změny ovlivňují jednotlivé přírodní procesy a výsledky studií využít při prevenci, popř. nápravě možných důsledků těchto změn. Stále více vědních oborů se proto také zabývá zkoumáním této problematiky.

Tato práce se zabývá hodnocením změn krajinného pokryvu a jeho vlivem na srážko-odtokový proces se zaměřením převážně na horská povodí, kde se tento vliv projevuje nejvýrazněji, jednak při ovlivnění vodní bilance povodí, tak také ovlivnění reakce na extrémní hydrologické jevy. Zjištěné poznatky jsou aplikovány na povodí horní Chomutovky v Krušných horách, kde se v rámci práce hodnotí změny krajinného pokryvu na podkladě ortofotomap z let 1975, 1987 a ze současnosti (2010). Změny jsou vizualizovány pomocí digitální vektorizace a barevného odlišení ploch jednotlivých typů krajinného pokryvu, dále zpracovány do podoby mapového díla a následně kvantifikovány. Podle výsledků jsou stanovení možní hlavní činitelé ovlivňující srážko-odtokové procesy v povodí Chomutovky.

Z rešerše odborné literatury vyplývá, že změny krajinného pokryvu různým způsobem ovlivňují srážko-odtokový proces v závislosti na dalších antropogenních a přírodních činitelích. Největší pozitivní vliv na odtokový proces má zdravý lesní porost, který především zmírňuje extrémní srážko-odtokové jevy, ale také přispívá při nadlepšování průtoků v sušších obdobích. Naopak nejhorší vliv mají zastavěné plochy, které urychlují povrchový odtok, zabraňují intercepci vody do půdy a snižují tak množství vody zadržené v povodí.

**Klíčová slova:** krajinný pokryv, využití krajiny, srážko-odtokový proces, povodí horní Chomutovky

# **Land cover changes in Ore mountains and their possible impact on rainfall-runoff process**

## **Abstract**

Land cover changes have occurred since the formation of Earth, but increasingly, these changes mainly in anthropogenic characters, a big problem in many places around the world. It is, therefore, necessary to monitor how land cover changes, and its impact on individual natural processes and use these results of studies in preventing or fix possible consequences of these changes.

More and more disciplines are, therefore, also examines this issue.

This paper deals with the assessment of land cover change and its impact on rainfall-runoff process, focusing mainly on mountain basin where this influence manifests itself most expressive, both influencing the water balance of the basin, and influence responses to extreme hydrological events. The findings are applied to the upper basin Chomutovka in the Ore mountains where the thesis evaluates changes in land cover on the basis of aerial photos from 1975, 1987 and the present day (2010). Changes are visualized using digital vectorization and color differentiation of areas of individual land cover types, further processed into a map series and subsequently quantified. According to the results are established the major factors of possible rainfall-runoff processes in the catchment Chomutovka.

The literature's search shows that different land cover changes affect the rainfall-runoff process in relation to other anthropogenic and natural factors. The greatest positive impact on the drainage process has a healthy forest cover, which mainly reduces extreme rainfall-runoff events, but also helps the flow recharged in drier periods. The worst effects are built-up areas that accelerate surface runoff, prevent interception of water into the soil and reduce the amount of water retained in the basin.

**Keywords:** land cover, land use, rainfall-runoff process, the upper Chomutovka

## Seznam zkratek

CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CORINE	Coordination of Information on the Environment
ČÚZK	Český ústav zeměměřičský a katastrální
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
EEA	European Environment Agency (evropská agentura pro životní prostředí)
GIS	Geographic Information System (geografický informační systém)
GPS	Global Positioning System (globální polohový systém)
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
LUCC	Land Use/Cover Change
MV	Ministerstvo vnitra
MŽP ČR	Ministerstvo životního prostředí České republiky
s-o proces	Srážko-odtokový proces
SWE	Vodní hodnota sněhu
VGHMÚř	Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
VÚLHM, v.v.i	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.
WMS	Watershed Modelling System
ZABAGED	Základní báze geografických dat

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>9</b>
1.1 Úvod do problematiky.....	9
1.2 Cíle.....	9
1.3 Struktura.....	9
<b>2 Současný stav poznatků .....</b>	<b>11</b>
2.1 Krajinový pokryv a využití krajiny .....	11
2.1.1 Rozlišení pojmů krajinový pokryv (land cover) a využití krajiny (land use). ....	11
2.1.2 Vliv změn krajiny na srážko-odtokový proces.....	12
2.1.3 Vliv změn krajiny na akumulaci a tání sněhu.....	21
2.1.4 Vliv změn krajiny na průběh extrémních hydrologických jevů.....	22
<b>3 Materiály a metody .....</b>	<b>25</b>
3.1 Fyzicko-geografická charakteristika povodí horní Chomutovky.....	25
3.1.1 Geografická poloha.....	25
3.1.2 Geologická stavba.....	26
3.1.3 Geomorfologie.....	28
3.1.4 Půdy.....	30
3.1.5 Klima.....	31
3.1.6 Hydrografie a odtokový režim.....	32
3.1.7 Krajinový pokryv.....	33
3.2 Vizualizace krajinového pokryvu (1975, 1987 a současnost).....	35
3.2.1 Klasifikace krajinového pokryvu a metody zpracování.....	35
<b>4 Výsledky .....</b>	<b>39</b>
4.1 Kvantifikace změn krajinového pokryvu .....	39
<b>5 Diskuze .....</b>	<b>43</b>
5.1 Faktory ovlivňující srážko-odtokové poměry .....	43
5.2 Nejistoty vstupních dat a způsobu zpracování .....	44
<b>6 Závěr.....</b>	<b>46</b>
<b>7 Seznam použité literatury.....</b>	<b>47</b>
<b>8 Seznam obrázků .....</b>	<b>54</b>
<b>9 Seznam tabulek.....</b>	<b>55</b>
<b>10 Seznam příloh .....</b>	<b>56</b>
<b>11 Přílohy .....</b>	<b>57</b>



# **1 Úvod**

## **1.1 Úvod do problematiky**

Ke změnám krajinného pokryvu dochází již od vzniku Země a docházet bude i v budoucnu, ale až v posledních desetiletích se staly tyto změny předmětem studia mnoha vědních oborů. Krajinný pokryv se mění přirozeně i vlivem člověka na různých úrovních a různých místech. V globálním měřítku může jít o rozšiřující se desertifikaci, kácení deštných pralesů nebo ústup pevninských ledovců. V lokálním měřítku pak např. postavení cyklostezky, zorání pole, odumření lesních porostů atd. Stále více tyto změny představují velký problém v řadě míst po celém světě.

Změny krajinného pokryvu mohou spolu s dalšími přírodními a antropogenními faktory zapříčinit také změny ve srážko-odtokových procesech. Jedná se hlavně o změny ve vodní bilanci a ovlivnění extrémních hydrologických jevů. Území České republiky se v posledních letech potýká s problémy jednak nedostatku vody a dále také naopak s častějším výskytem povodní. Studium krajinného pokryvu a jeho výsledky se mohou využít při prevenci, popř. nápravě možných důsledků těchto změn.

## **1.2 Cíle**

Tato bakalářská práce má 2 hlavní cíle. Prvním je zhodnocení aktuálního stavu výzkumu v oblasti vlivu vegetace na odtok a následný rozbor jednotlivých příčinných faktorů v kontextu krajinných změn. Druhým cílem je vyhodnocení současného stavu krajinného pokryvu v zájmovém území povodí horní Chomutovky na podkladě ortofot a terénního průzkumu a následná analýza změn krajinného pokryvu ve srovnání s lety 1975 a 1987.

## **1.3 Struktura práce**

Práce se skládá ze dvou hlavních částí. První část tvoří rešerše české a zahraniční odborné literatury zabývající se problematikou změn krajinného pokryvu a jeho vlivu na srážko-odtokové procesy v povodích se zaměřením na horské oblasti. V podkapitolách je definován pojem krajinný pokryv (land cover) a využití krajiny (land use), vliv změn na srážko-odtokový proces, akumulaci a tání sněhu a také na extrémní hydrologické jevy jako jsou povodně či sucho. V druhé, praktické, části se autorka věnuje analýze změn současného

krajinného pokryvu v modelovém území horní Chomutovky a jeho porovnání s dříve hodnocenými lety 1975 a 1987. Je zde popsána metodika použitá při zpracování dat a fyzicko-geografická charakteristika území. Na základě stanovených metod jsou pak vyhodnoceny výsledky v rámci změn krajinného pokryvu v povodí doplněné o grafické výstupy. Závěr praktické části je věnován diskusi nad získanými výsledky, možnosti dalšího výzkumu a vyvození závěrů.

## 2 Současný stav poznatků

### 2.1 Krajinový pokryv a využití krajiny

#### 2.1.1 Rozlišení pojmů krajinový pokryv (land cover) a využití krajiny (land use)

Existuje mnoho různých definic a pojetí krajinového pokryvu. V základě by ale mělo docházet k odlišení dvou pojmů, jak tomu je zřejmé hlavně v anglických ekvivalentech „*land cover*“ – krajinový pokryv a „*land use*“ – využití krajiny (Guth a Kučera, 1997). Tyto dva pojmy jsou často zaměňovány či spojovány (Holko a Kostka, 2008).

Podle Di Gregoria a Jansena (2000) je krajinový pokryv „*pozorovaný (bio)fyzikální kryt zemského povrchu*“. Mělo by se jednat pouze o popis vegetace a uměle vytvořených objektů. Český ústav zeměměřičský a katastrální (ČÚZK) definuje krajinový pokryv jako „*fyzický a biologický pokryv zemského povrchu, včetně uměle vytvořených ploch, zemědělských oblastí, lesů, přirozených a částečně přirozených oblastí, mokřadů, vodních těles*.“ (INSPIRE, 2010).

Land use je charakterizován „*opatřeními, aktivitami a vstupy lidí prováděnými v určitém typu krajinového pokryvu za účelem jeho vytváření, změny či udržení*.“ (Di Gregorio, Jansen, 2000) Je to „*úředně evidovaný druh pozemku či kultura v geodetických a katastrálních údajích*“ (Guth a Kučera, 1997, s. 2).

Příkladem krajinového pokryvu mohou být louky, zatímco pastviny jsou příkladem využití tohoto krajinového pokryvu (Di Gregorio, Jansen, 2000). Rekreační oblast je pak formou využití půdy, kde mohou být zastoupeny různé typy krajinových pokryvů (zastavěná plocha, les atd.).

Krajinový pokryv i využití půdy se neustále mění v čase i v prostoru důsledkem přírodních i antropogenních vlivů, odráží se v nich kvalita území a také míra přeměny či poškození přírodního prostředí (Guth a Kučera, 1997). Pro krajinové plánování a mnoho jiných oborů je důležitá znalost obojího, proto se mnoho klasifikací, databází a map tvoří dohromady pro oba popisy krajiny.

Ke změnám krajinového pokryvu i využití půdy dochází již od samotného vzniku Země vlivem dvou skupin faktorů – přírodních a antropogenních. Přírodní faktory převažovaly až do poloviny holocénu, kdy člověk začal se zemědělskou činností, a začaly převažovat antropogenní faktory měnící ráz krajiny.

Metoda výzkumu změn (označována často LUCC – land use/cover change) je často prováděna pro velká území (kontinenty, státy, velké regiony), kde mohou být využity

družicové snímky a jejich následná klasifikace. Toho využívá např. celoevropský projekt CORINE (Coordination of information on the environment) zahájený v roce 1985 Evropskou komisí. Krajinou se v tomto programu zabývá CORINE Land Cover, který se snaží vytvořit jednotnou celoevropskou metodiku klasifikace krajinného pokryvu a její databázi pomocí obrazové analýzy a interpretace snímku z družice LANDSAT s podrobností až 1 : 100 000 (EEA, 1994). Monitorování změn na detailnější úrovni (obce, katastry, pozemky) je ale mnohem obtížnější, hlavně z důvodu problematické dostupnosti či neexistenci historických záznamů a vyšších nákladů spojených s vyhledáním, pořízením, zpracováním a vyhodnocením těchto dat.

### **2.1.2 Vliv změn krajiny na srážko-odtokový proces**

Mnoho autorů se již zabývalo problematikou vlivu krajinného pokryvu a využití území na hydrologický režim krajiny. Objevovaly se dokonce práce s rozdílnými závěry v hodnocení tohoto vlivu, některé například uvádí Hundecha a Bárdossy (2004).

Velká část poznatků je získávána již od roku 1900 na jedné straně (Holko, Kostka, 2008) pomocí experimentálních studií (Bosch a Hewlet, 1982), nebo dlouhodobých pozorování (VÚLHM, 2003-2007; Bíba et al., 2006). Na druhé straně je od 80. let 20. stol. hojně rozšířené používání distribuovaných hydrologických modelů, které kromě rozlišení plošného a časového rozložení složek vodní bilance již dovolují i vyhodnocení možných budoucích scénářů vývoje (Karvonen et al., 1999; Klöcking, Haberlandt, 2002; Unucka a Adamec, 2008; Jeníček, 2009a,b). Modely simulující hydrologické procesy mohou být cennými nástroji ve vyhodnocení dopadů změn pokryvu a využití krajiny na jednotlivé složky vodní bilance, jak to ve své práci předesílají Fohrer et al. (2001). Poukazují na to, že změny ve využití krajiny, sekundárně ovlivněné implementací dotačních programů v zemědělství, by vedly k hydrologické odezvě na úrovni regionálních povodí a výsledky získané pomocí hydrologických modelů mohou být využity na podporu rozvoje konceptů udržitelného využití krajiny.

Krajinný pokryv determinuje zejména hydrologickou transformaci ovzdušné srážky na povodí. Pokud se omezíme na přirozené (klimaxové) stadium vegetačního krytu, pak vliv vegetace na hydrologickou transformaci můžeme rozdělit na dvě základní funkce. První funkcí je přímé uplatnění vegetace v s-o vztazích v podobě intercepce a evapotranspirace. Druhou a zároveň významnější funkcí je působení vegetace jako ochranného faktoru půdy, ve které se uplatňuje podstatná část transformace srážkové vody na odtok a faktor drsnosti

povrchu pro povrchový odtok (Unucka a Adamec, 2008). Vlivem vegetačního krytu a jeho změn na vodní režim půd a horní části toků se zabýval Tesař et al. (2004). Prokázal měřením půdní vlhkosti, že režim půdní vody oblasti zcela pokryté vegetací ve vlhkých podmínkách není závislý na skladbě vegetace, naopak v suchých obdobích je její skladbou výrazně ovlivněn. To se odráží i na vodním režimu, který je nezávislý na druhovém složení rostlinného krytu pokud plocha transpirující vegetace zůstává beze změny.

Právě změny krajinného pokryvu (prostorové, druhové) a hlavně změny ve využití půdy mají zásadní vliv na změnu hydrologických procesů v lokálním, regionálním i globálním měřítku. Problematikou *scalingu* (pozorování s ohledem na rozdílné měřítko) a vlivem dlouhodobých změn land use na hydrologické a ekologické procesy v krajině, na třech řádovostních úrovních: subpovodí, povodí, rozvodí, se např. zabývali Nejadhashemi, Wardynski a Munoz (2011). Problematikou *scalingu* se také zabývají Holko a Kostka (2008).

Změny na velkých plochách mohou zapříčinit krátkodobé (zrychlení povrchového odtoku) či dlouhodobé (změny ve specifickém nebo základním odtoku) změny v odezvě povodí, zvýšení rizika extrémních průtoků a následné ohrožení povodněmi nebo dlouhodobý pokles hladiny podzemní vody (Bhadura et al., 2000). V tomto směru např. Eckhardt et al. (2003) zjišťovali, jak velká musí být minimální plocha území se změnou využití půdy, aby se dopad projevil na některých hydrologických charakteristikách. Samozřejmě závisí na druzích využití pozemků a dané hydrologické proměnné (tab. 1).

**Tab. 1:** Podíl povodí, který musí být ovlivněn změnou krajinného pokryvu pro dosažení významného dopadu na průměrný povrchový odtok, doplnění zásob podzemních vod nebo na celkový odtok (Eckhardt et al., 2003, upraveno)

	<b>Pole → Pastviny [%]</b>	<b>Pastviny → Listnaté lesy [%]</b>	<b>Pastviny → Jehličnaté lesy [%]</b>
<b>Povrchový odtok</b>	20	40	60 – 70
<b>Obnovení zásob podzemní vody</b>	20	25	30
<b>Celkový odtok</b>	15	25	35

Rychle rostoucí populace ve venkovských oblastech často vyvolala změny, v krajinném pokryvu (odlesňování, rekultivace mokřadů atd.) s cílem zvýšit zemědělskou produkci (Papankova et al., 2006). V České republice např. v 70. letech došlo ke změně struktury zemědělského půdního fondu a s tím spojeným hydrotechnickým opatřením (hydromeliorace, napřimování toků, odvodnění rašelinišť). To mělo negativní dopad na

retenci odtoku v povodí. K nápravám těchto zásahů a návratu toků k přírodnímu stavu dochází od 90. let 20. století jako opatření ke zmírnění extrémních průtokových jevů (Jeníček, 2009a).

Twine, Kucharik a Foley (2004) se ve své studii zabývali vlivem změn přírodního krajinného pokryvu na orné plochy s různými druhy plodin na energetickou a vodní bilanci povodí řeky Mississippi. Zjistili, že změny jsou závislé na sezóně, druhu rostlin, hospodaření a typu vegetace, která jimi byla nahrazena. Pokles listové plochy při přeměně lesa na ornou půdu vede ke snížení míry evapotranspirace během všech ročních období. Přitom jarní pokles se do určité míry kompenzuje evaporací holé orné půdy, ale míra celkového odtoku je ve všech ročních obdobích vyšší. Kliment a Matoušková (2007) studovali změny s-o procesů v pramenných oblastech povodí Otavy a došli k závěru, že odchylky v průběhu 50leté řady se nejvíce projevily v zemědělsky využívaném povodí a naopak nejméně v přírodním zalesněném povodí. K podobnému závěru došli Fohrer et al. (2001), kteří své studie prováděli v německých zemědělsky obhospodařovaných povodích. Zjistili také, že nejvýraznější dopad na složky vodní bilance, především povrchový odtok, má obhospodařovaná půda. Což je způsobeno tím, že po sklizni a krátce po výsadbě není půda chráněna před nárazy dešťových kapek a tak dochází k rychlému odtoku vody.

Nejhorší vliv na s-o procesy má ale podle mnoha studií zastavěná plocha. Zesílená urbanizace má velký vliv na zvýšení kulminačních průtoků při srážkových událostech a také zvýšení celkového odtoku. To ve své studii zjistil Hundecha a Bárdossy (2004). Na úkor zemědělských ploch zdvojnásobil plochu městské zástavby. Zvýšení průtoků bylo zřejmé hlavně v letním období, kdy původní zemědělsky využívaná půda vykazovala vůči zastavěným plochám větší infiltrační kapacitu při letních bouřích (hlavně v počátcích srážkových událostí) díky předcházejícímu vysušení a vyšší potenciální evapotranspiraci. Naopak zastavěné plochy vykazují nižší potenciální evapotranspiraci a nižší infiltrační kapacitu spojenou se zvýšením rychlosti a objemu povrchového odtoku vlivem nepropustného povrchu, to vše vede ke zvýšení celkového odtoku. Urbanizace také zvyšuje rychlost povrchového odtoku. Dopady urbanizace se však liší také v závislosti na geografických a klimatických podmínkách (Wu, Hall a Scatena, 2007). Navíc dešťová voda dopadající a stékající z městských ploch obsahuje širokou škálu znečišťujících látek, což je hlavní příčinou snížení kvality vody (Bhadura et al., 2000).

Bronstert et al. (2002) se pokusili celkově popsat, jaký možný dopad má změna klimatu a změna ve využívání půdy na jednotlivé hydrologické a hydrodynamické procesy.

Jeho výsledky jsou uvedeny v tab. 2. Podobně ve své studii vyhodnotil Calder (1993) hlavní hydrologické účinky změny land use (příloha 1).

**Tab. 2:** Potenciální dopad změn ve využívání půdy na povrchové a podpovrchové hydrologické procesy (proudění nebo zadržení) a význam pro složky hydrologického cyklu. (Bronstert et al., 2002, upraveno)

<b>Proces</b>	<b>Potenciální dopad změn ve využívání půdy a význam pro složky hydrologického cyklu</b>
<b>Intercepční kapacita</b>	Značně ovlivněna vegetačními změnami (např. při sklizni úrody, kácení lesů); důležitá pro evapotranspiraci / energetickou bilanci
<b>Kapacita opadu</b>	Ovlivněna vegetačními změnami, zejména kácení lesů; důležitá pro evapotranspiraci / energetickou bilanci
<b>Kapacita kořenové zóny</b>	Ovlivněna postupy hospodaření jako jsou metody orby atd., důležitá pro evapotranspiraci a tvorbu odtoku
<b>Povrchový odtok po nadměrné infiltraci</b>	Ovlivněn pěstováním plodin a postupy hospodaření, významný pro tvorbu odtoku v případě intenzivních srážek a nízké půdní vodivosti; může být posílen nánosy půdy a kornatěním půdy
<b>Povrchový odtok způsobený nadměrným nasycením (saturace)</b>	Jen mírně ovlivněn změnami ve využívání půdy (proces je řízen topografií a podpovrchovými podmínkami)
<b>Podpovrchový odtok</b>	Jen mírně ovlivněn změnami ve využívání půdy (proces je řízen topografií a podpovrchovými podmínkami)
<b>Odtok ze zastavěných území</b>	Velmi ovlivněn kanalizačním systémem a zásobníky odpadních vod; významné pro odtok při bouřích z městských oblastí
<b>Decentralizované retence v krajině</b>	Ovlivněný strukturou krajiny a zemědělským obhospodařováním orné půdy; významné pro koncentraci odtoku z orné půdy při bouřích

O něco podobného se pokusili i Papankova et al. (2006), kteří se zaměřili na simulování možných změn krajinného pokryvu a jeho dopadů na jednotlivé složky odtoku v povodí slovenského Hronu pomocí fyzicky založeného distribuovaného srážko-odtokového

modelu pro modelování odtoku z dešťových srážek a tání sněhu na podkladě map land use, mapy půdních typů a digitálního modelu terénu (DMT). Byly simulovány následující scénáře (Papankova et al., 2006):

*přírodní krajinný pokryv* – nejbližší možné využití půdy k přirozené a nedotčené krajině, téměř celá oblast zalesněná

*změna skladby lesa* – způsob změny využívání půdy směrem k přirozenému stavu, který by byl možný při respektování stávajícího využití půdy, tj. městské pozemky, zemědělské půdy apod.

*tráva místo lesa* – zatravnění lesních ploch

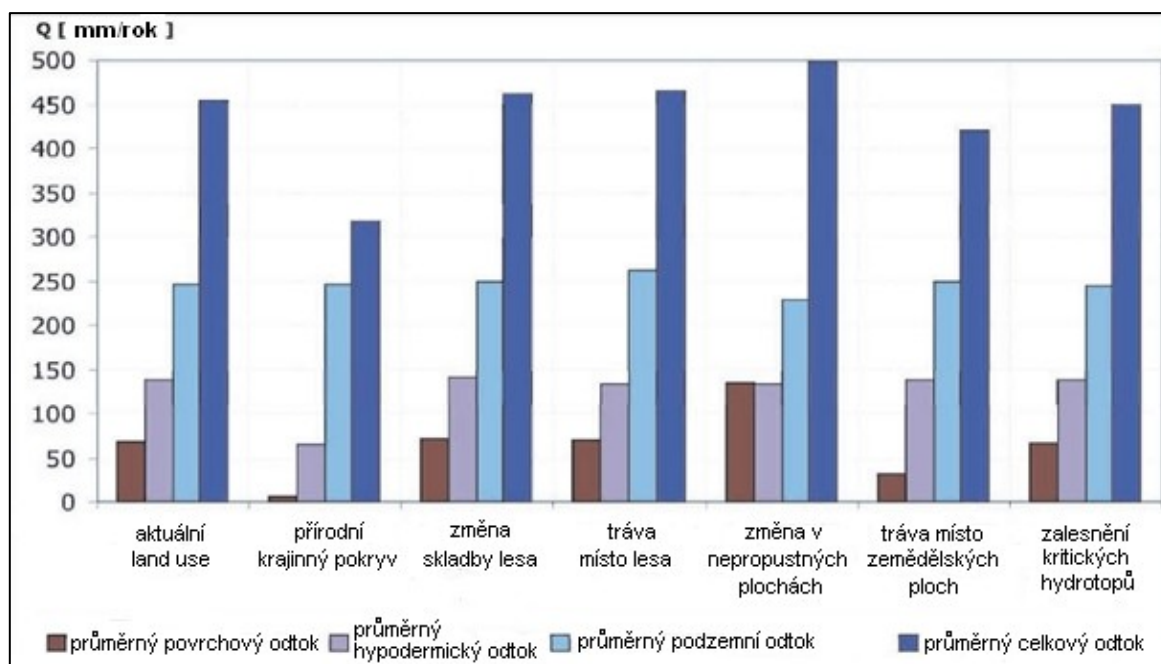
*změna v nepropustných plochách* – nepropustné oblasti městských pozemků tvoří 100 %

*tráva místo zemědělských ploch* – orná půda ponechána jako tráva

*zalesňování kritických hydrotopů* – zalesnění oblastí, které vytvářejí největší odtok (podle kombinace fyzicko-geografických faktorů jako je expozice, sklon svahu, drsnost povrchu atd.)

Výsledky (obr. 1) podporují, jak bylo výše řečeno, že největší negativní vliv na s-o procesy má zvýšení počtu zastavěných ploch, kde došlo oproti původnímu land use ke zvýšení jak povrchového odtoku, tak i celkového odtoku. Naopak nejlépe dopadla změna zpět k přírodnímu krajinnému pokryvu, kde došlo k výraznému snížení povrchového odtoku, hypotermického odtoku i celkového odtoku a tedy ke zvýšení retence odtoku v povodí. Pozitivní se ukázala také změna zemědělských ploch na zatravněné, kde došlo ke snížení povrchového i celkového odtoku. V průměrném podzemním odtoku nedošlo k žádným výrazným změnám, to samé v hypotermickém odtoku, kromě změny na přírodní krajinný pokryv.





**Obr. 1:** Srovnání průměrné výšky ročního celkového odtoku a jeho složek při aktuálním land use a při simulovaných změnách využití půdy (Papankova et al., 2006, upraveno)

Hory a vrchoviny jsou uznávány na světě jako zásobárny vody, poskytují spolehlivé dodávky sladké vody do nížinných oblastí. Lesy také hrají zásadní roli při filtraci srážek lesními korunami a podložím a zajišťují uvolnění konstantních vodních průtoků i v nejsušším měsíci (Rahman et al., 2005, Závacká a Merganič, 2003).

Lesní porosty významně zvyšují retenci srážek (zadržení srážek v lesním ekosystému), snižují tak velikost efektivních srážek a přispívají k retardaci (zpoždění) odtoku. Retenční schopnost je oproti jiným typům prostředí (např. louky, pole) vyšší (Bíba, 2010). Rozhodujícím činitelem v tomto procesu je infiltrace. Její velikost je ovlivněna mocností, neporušeností a formou nadložního humusu, závislém na kvalitě, druhové skladbě a stáří lesních porostů (Romanowicz et al., 2012) a také na druhu a vlhkosti půdy. V lehčích písčitých půdách je rozdíl v infiltraci mezi lesem a bezlesem větší než u půd těžších. Doba povrchové retence po dopadu srážek na povrch půdy (převážně tvořen hrabankou) závisí na mocnosti humusu, mechorostů nebo lišejníků, kteří srážkovou vodu zadržují a na době trvání deště.

V povodí Deštné v Orlických horách se Kantor, Šach a Karl (2005) zabývali výzkumem evapotranspirace z různě starých listnatých a jehličnatých lesních porostů. Dospěli k závěru, že v mladém a dospělém jehličnatém lese je evaporace z půdy srovnatelná. Z povrchu půdy se vypařuje zejména voda zadržaná v hrabance, jelikož kapilární vodivost v půdě je přerušena nerozloženou hrabankou, a tak se na povrch nemůže dostávat velké

množství vody z hlubších horizontů. Názory na množství zadržené vody v hrabance se různí, obecně však každý cm smrkového jehličnatého opadu je schopen zadržet 2 – 3 mm srážek (Hoffmann 1968 a Abagiu, Munteanu 1974 in Kantor, Šach a Karl, 2005), což ve vodní bilanci může činit až 30 % ročních srážek. Buková hrabanka zpravidla zadržuje méně než 10 % ročních srážek (Molčanov 1960 in Kantor, Šach a Karl, 2005). Mezi mladým smrkovým a bukovým porostem se potvrdil vyšší výpar z bukového porostu, ale v absolutních číslech nejde o velký rozdíl. Na počátku vegetačního období v neolistěném bukovém porostu je možnost vysoké evaporace z půdního povrchu. Velikost výparu také záleží na denní době, kdy k největšímu výparu docházelo v odpoledních hodinách, naopak nejmenší výpar byl zaznamenán ve večerních a nočních hodinách. Vysoký je hlavně intercepční a transpirační výpar z přízemní vegetace, kde záleží na klimatických podmínkách a velikosti plochy s přízemní vegetací. Proto výpar z přízemní vegetace v holé seči je několikanásobně větší než z lesního porostu (Kantor, Šach a Karl, 2005). V bukovém porostu jsou oproti smrkovému také významné hodnoty stoku po kmeni (tab. 3), naopak povrchový odtok je zanedbatelný v obou porostech (pokud nepočítáme přívalové a dlouhotrvající deště). Srážky, které se nevypaří, pak většinou prosáknou na podloží (Kantor a Šach, 2007).

**Tab. 3:** Srovnání intercepce a stoku po kmeni v bukovém a smrkovém porostu (Kantor et. al, 2003, upraveno)

Autor	Smrková kmenovina [%]			Buková kmenovina [%]		
	Porostní srážky			Porostní srážky		
	Intercepce	Podkor. srážky	Stok po kmeni	Intercepce	Podkor. srážky	Stok po kmeni
<i>Aussenac</i> (1969)	34	64	2	17	76	7
<i>Delfs et al.</i> (1958)	36	63	1	–	–	–
<i>Kantor</i> (1980)	25	73,5	1,5	13	72	15
<i>Mitscherlich</i> (1971)	33,5	65	1,5	15	73	12
<i>Molčanov</i> (1960)	31	68,5	0,5	–	–	–
<i>Válek</i> (1977)	40	58	2	10	71	19
<i>Weihe</i> (1973)	33	66,5	0,5	19	61	20
<i>Zelený</i> (1971)	29	69	2	18	71	11
<b>Průměr:</b>	31,88	66,81	1,31	15,40	70,20	14,40

Obrovský zásah do srážko-odtokového režimu povodí představuje kácení dospělých porostů a vysazování nových dřevin (Šach, 2005). Odtokový režim je tak ovlivněn přímo a nepřímo. Nepřímé ovlivnění spočívá v přehřívání vymýceného povrchu (příp. povrchu po odstranění vegetace) během letních slunečných dnů. Tím dochází ke změně místního klima, kdy ohřátý vzduch může pojmout větší množství vodní páry, které při náhlém ochlazení vypadává v podobě srážek. Přímé ovlivnění odtoku je způsobeno narušením půdního krytu (přízemní vegetace, povrchový humus) těžkou těžební mechanikou. Dochází ke snižování infiltrace, plochy nesoustředěného odtoku, jeho urychlování, snížení množství povrchové akumulace atd. (Krešl, 1999; Šach, 2005; Heis, 2007).

Pokud je les průběžně sklizen, je odtok nižší než v případě, kdy je kompletně vykácen. Nově zaváděná vegetace rychle navrácí původní hodnoty průtoků (Iroumé, Huber a Schulz, 2005). Ředění lesa obvykle způsobuje rychlý růst zbývajících stromů a plné obnovení indexu listové plochy a tudíž i intercepční ztráty v zředěném porostu. Silné stromy, které zůstanou po ředění, by pak měly využít dodatečně dostupnou vlhkost a omezit tak v průběhu času možný nárůst celkového odtoku (Rahman et al., 2005).

Vliv odlesnění na odtokové poměry zkoumal v rámci povodí Sperbelgraben (švýcarské Předalpi) například Badoux et al. (2006). Ve své studii potvrdil předpoklad dlouhodobě vyššího odtoku v oblastech s poškozenými lesními porosty vlivem vichřic, navíc umocněného sekundárními odvodňovacími kanály.

Heis (2007) ve své práci porovnával důsledky dvou typů odlesnění: rozpadlé horské smrčiny vlivem přemnožení lýkožrouta smrkového a plochy s asanovanými lesními porosty, na odtokový režim. Podle předpokladů bylo zaznamenáno vyšší přehřívání u asanovaných ploch. U rozpadlých horských smrčín je díky větší členitosti povrchu vlivem odumřelých stromů také větší zastíněnost povrchu oproti vymýceným plochám, což snižuje teplotu dané plochy a utváří tak lepší podmínky pro přirozenou obnovu lesa a opětovné zvýšení retenční schopnosti území.

Ve třech povodích na Moravě s podobnými fyzicko-geografickými charakteristikami byla prováděna studie zaměřující se na posouzení konkrétního stavu lesa na hydrologické funkce povodí. Jednalo se o les zdravý, odumřelý suchý stojící (v tabulce jako mrtvý les) a les pokácený (paseka). Opět se projevil pozitivní vlastnosti zdravého lesa (tab. 4) (Kuřík, 2000). Své studie vlivu krajinného pokryvu na Moravě prováděli např. Tesař, Šír a Zelenková (2004) a Pavlásek, Máca a Ředinová (2006). Masivní odumírání lesů

v pramenných oblastech vede ke snížení retenčních schopností krajiny a k výrazným změnám v hydrologické bilanci povodí.

**Tab. 4:** Porovnání odtokových poměrů (Kuřík, 2000)

Kultura	Max. specif. průtok [l·s <sup>-1</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]	Průměrný specif. průtok během suché periody [l·s <sup>-1</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]
Mrtvý les	15,4	0,015
Paseka	6,2	0,026
Zdravý les	0,54	0,041

Během 70. a 80. let v oblasti Krušných a Jizerských hor došlo ke zničení lesních porostů vlivem přítomnosti obrovského množství škodlivých látek v ovzduší pocházející z průmyslové činnosti člověka, což hlavně v pramenných oblastech mělo negativní vliv na koncentraci odtoku. V posledních letech může mít podobný vliv také kůrovcová kalamita na Šumavě (Jeníček, 2009b). Po roce 1989 dochází k nápravám a navrácení toků k jejich přírodní podobě. Hlavně po povodních v roce 1997, 1998 a 2002 nebo obdobích sucha v roce 2000 a 2003 se výzkumné aktivity zaměřily na horské oblasti pokryté poškozenými lesy. Katastrofální odlesňování způsobilo významné poškození životního prostředí, se kterým by si příroda už sama nemusela poradit a tak jednou z možností je aktivní obnova vegetačního krytu člověkem (Tesař et al., 2004).

Zvláštním typem krajinného pokryvu mohou být rašeliniště. Vliv rašelinišť na odtokové poměry a především na retenční schopnost krajiny jsou zkoumána již od konce 19. století, kdy se nejprve předpokládala tzv. „houbová teorie“, kdy rašeliniště byla pokládána za významné zásobárny vody a regulátor průtoků. Tato teorie měla řadu odpůrců, podle kterých se vodní režim rašelinišť výrazně zlepšuje vlivem odvodnění a zkulturnění, což bylo na našem území potvrzeno v 50. a 60. letech (Ferda, 1960 in Janský, 2003). Byla prokázána rozkolísanost průtoků v tocích napájených z rašelinišť. Sněhové srážky ze zimního období mají malý vliv při nadlepšování průtoků v jarních měsících, na rozdíl od srážek z příválových dešťů v letních měsících, které se výrazně uplatňují při odtoku. Při naplnění horských vrchovišť na plnou kapacitu dochází k rychlému vzestupu odtoků, naopak při obdobích sucha rašeliniště nenapájají vodní toky. Z výzkumů vychází, že při provedeném odvodnění a zkulturnění rašelinišť dochází ke zlepšení hydrologického režimu. Rašeliniště navíc obecně zhoršují kvalitu vody v tocích, což se výrazně projevuje v nádržích, které byly

vystavěny právě na rašeliništích (Janský, 2003). Hydrologická funkce rašelinišť se odvíjí od jejich typu, zdravotního stavu a míře antropogenního ovlivnění (Kocum a Janský, 2008).

### **2.1.3 Vliv změn krajiny na akumulaci a tání sněhu**

Ukládání a tání sněhu v zimním období a na jaře je ovlivněno různou měrou mnoha přírodními činiteli. Mezi nejdůležitější faktory z regionálního hlediska patří nadmořská výška. V lokálním měřítku se ale zvyšuje význam dalších faktorů, jako jsou např. sklon, expozice a vegetace (Kocum, Jelínek a Jeníček, 2009). Vlivem kombinace vlivů topografie a vegetace na akumulaci a tání sněhu se zabývá také Jost et al. (2007). Zjistil, že největší vliv na vodní hodnotu sněhu má nadmořská výška v závislosti na sněhově bohatších či chudších obdobích. Také výrazně ovlivňuje tání sněhu. Expozice má v obou obdobích srovnatelný vliv na akumulaci sněhu, ale v mírných zimách je tento vliv větší než např. u lesního porostu.

Akumulace a tání sněhu jsou dva nejdůležitější procesy, které přispívají k odtoku vody a jarním povodním, které jsou ovlivněny rozložením sněhu v povodí a celkovými zásobami vody vázané ve sněhu v povodí. V odtokovém režimu má výrazný vliv především vodní hodnota sněhu, která určuje množství vody obsažené ve sněhu (Kantor a Šach, 2007). Vodní hodnota klesá v pořadí: volná plocha - bukový porost - smrkový porost (Hribík a Škvarenina, 2007). Délka a intenzita tání sněhu závisí na druhové skladbě, stáří a hustotě lesa (Podzimek, 2011). Čím vyšší hustota korun a listové plochy, tím nižší míra akumulace a míra tání (Jost et al., 2007).

Jak již bylo zmíněno v kap. 2.1.2., specifický vliv na odtok vody z pramenných oblastí mají rašeliniště a antropogenní změny ve využití území (Kutláková a Jeníček, 2012).

Na počátku zimy je pozorováno více sněhu na mýtinách než v lese. Je to způsobeno tím, že dopadající sníh je zadržen v korunách stromů a vypadává na zem až při zimních oblevách a nástupu jarního oteplení a doplňuje tak zásoby akumulovaného sněhu v lesních porostech. Vzhledem k lesnímu mikroklimatu a zastíněnosti, kdy koruny stromů snižují díky slabému proudění vzduchu intenzitu výměny tepla v lese mezi ovzduším a sněhovou pokrývkou, dochází k pomalejšímu tání (Hintnaus, 2011; Podzimek, 2011), a tak se sníh v lese udrží déle než na otevřených plochách (Pobříslová a Kulasová, 2000).

Na procesu akumulace a tání sněhu se také výrazně projevuje poškození lesních porostů, např. vrcholovými zlomy korun např. vlivem těžkého sněhu, jak to bylo zjištěno ve studii Kantora, Karla a Šacha (2007). Ti se zabývali rozdílem akumulace a tání sněhu ve

smrkovém a bukovém porostu. Právě smrkový porost byl výrazně poškozen vrcholovými zlomy, což se také projevilo na měřených hodnotách akumulace, kdy byla v celém sledovaném období výška akumulace sněhu ve smrkovém porostu pouze nepatrně nižší než v buku. Obdobných výsledků bylo dosaženo v hodnotách SWE. Obecně lze říci, že díky intercepci sněhových srážek v nepoškozených korunách jehličnatých smrkových porostů oproti bezlistému bukovému porostu jsou jak hodnoty SWE, tak výšky akumulace sněhu výrazně vyšší v bezlistém bukovém porostu (Kantor, Karl a Šach, 2007).

Jeníček a Taufmannová (2010) modelovali v povodí Bystřice vliv změny krajinného pokryvu pro 3 hlavní typy pokryvu – jehličnatý les, opadavý les, otevřená plocha. Studie prokázala spíše nejednoznačnost hodnocení vlivu lesního porostu a otevřených ploch na odtokové poměry, obzvláště v případech událostí tvořených více vlnami. Pomalejší tání sněhové pokrývky v lese oproti otevřeným plochám má vliv na povodňový odtok z povodí, kdy po proběhlé povodňové vlně stále zůstávají v povodí velké zásoby sněhu. Tyto zásoby pak mohou opět způsobit zvýšení kulminačních průtoků při dalších dešťových srážkách vlivem rychlého tání sněhu. Lesní pokryv tedy odtávání sněhu rozkládá do delšího časového období s větším počtem dílčích, ale dá se předpokládat, že nižších maxim oproti povodí s větším zastoupením otevřených ploch.

Zvýšené riziko vzniku povodní z tání sněhu hrozí především u horských a podhorských povodí s dominancí sněhového režimu odtoku (Jeníček, 2009a; Kutláková a Jeníček 2012). Pokud současně s táním sněhu nedochází k přívalovým dešťům, můžeme říci, že jehličnaté i listnaté porosty v horských oblastech dostatečně tlumí povodňové riziko (Kantor a Šach, 2007).

#### **2.1.4 Vliv změn krajiny na průběh extrémních hydrologických jevů**

Hlavním hnacím prvkem hydrologických procesů v povodí jsou srážky a jejich množství. Jejich další šíření je závislé na podmínkách prostředí, a tak je velmi důležité si všimnout změn krajinného pokryvu, jako jednoho z nejdůležitějších faktorů ovlivňující odtok z povodí. Zvláštní význam to má v horských oblastech, které se vyznačují delšími, častějšími a srážkově vydatnějšími událostmi během roku. Spolu s klimatickými změnami způsobujícími extrémní výkyvy počasí to vede k větší náchylnosti horských oblastí k extrémním událostem, jako jsou povodně či sucha. Náhlé zvýšení hladiny v horských tocích, pak většinou vede ke vzniku povodní v oblastech vysočin a nížin (Romanowicz et al., 2012).

Změny krajinného pokryvu se proto také uvažují v pasivní protipovodňové ochraně, kdy jsou zaváděna velkoplošná ekologická opatření zpomalující proces povrchového odtoku a zvyšující retenci vody v krajině. Jde např. o postupnou změnu struktury land use k trvalým porostům (nahrazování orné půdy loukami a pastvinami, vysazování rychle rostoucích dřevin, protierozní opatření) a zvyšování podílu přirozených lesních kultur (smíšené lesy místo smrkových) pro daný krajinný typ (Janský, 2003).

Ve výzkumu vlivu změn krajinného pokryvu a využití půdy na vznik a průběh povodní, jsou využívány dvě základní metody – stochastické a deterministické (Jeníček, 2009b).

Stochastické metody využívají statistického hodnocení dlouhodobých časových řad pozorovaných srážek a průtoků, sloužící k určení období, kdy došlo ke změnám odtoku a srážek. Tyto výsledky jsou pak dále hodnoceny za účelem určení příčin těchto změn. Jsou vhodné především k posouzení bilančních změn srážko-odtokového režimu (Jeníček, 2009b).

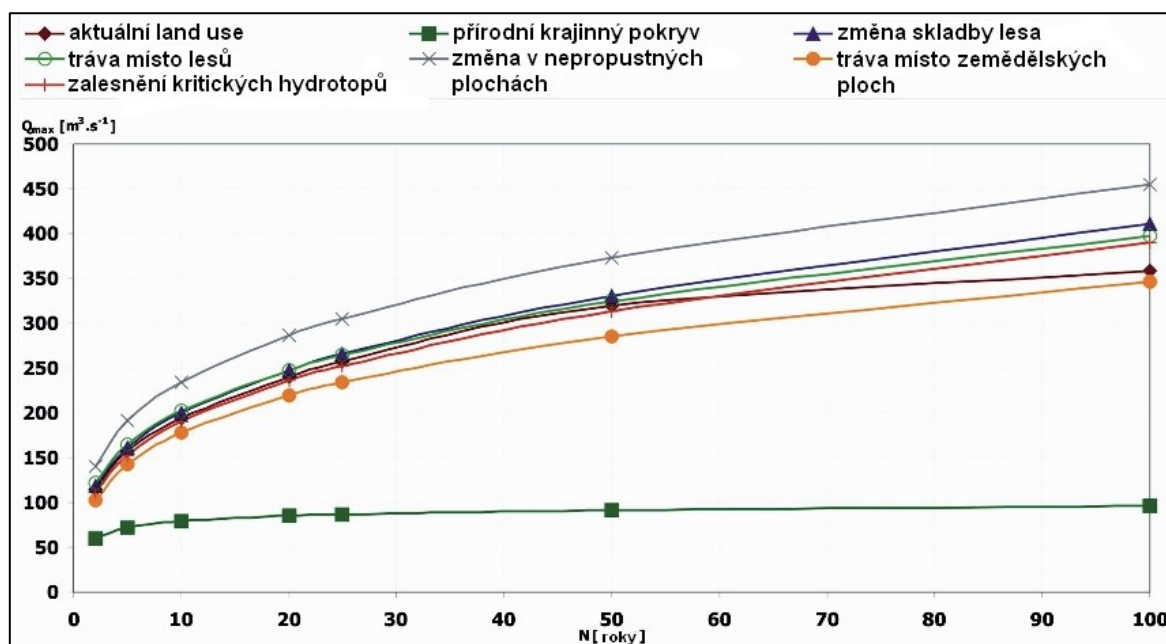
V deterministických metodách je využíváno hlavně hydrologické modelování. Tato metoda je více rozšířená hlavně v posledních letech s rozvojem techniky a uplatňovaná při hodnocení krátkých epizodních událostí. Podle Jeníčka (2009) „*Jde o popis fyzikálních procesů, které působí na vstupní proměnné a které se transformují ve výstupní veličiny.*“ Pro sběr a analýzu podkladových dat k oběma metodám slouží především nástroje GIS (Adamec et al., 2006; Unucka a Adamec, 2008) a DPZ (Guth a Kučera, 1997).

Důležitou roli v tlumení povodňových průtoků hraje lesní porost (kap. 2.1.2 a 2.1.3). Řádně obhospodařovaný lesní systém může během prvních 30 minut přívalového deště zadržet a transformovat do půdy veškeré srážky a zadržet tak vodu v povodí a zamezit tomu, aby se na odtoku podílela celá plocha povodí, což by mělo za následek vznik povodní (Krešl, 1999; Kantor a Šach, 2007). Jak již bylo řečeno masivní odumírání stromů, převážně v pramenných oblastech vede ke snížení retenčních schopností krajiny a k výrazným změnám v hydrologické bilanci povodí. Dochází k urychlení tvorby odtokové vlny, čímž je kvůli snížené transformační schopnosti povodí strmější a rychleji se dostává do nižších poloh (Langhammer a Vilímek, 2008).

Při delších a dlouhotrvajících deštích již nezávisí na kvalitě a druhu lesní vegetace a lesní půdy, což se potvrdilo ve výzkumu Jeníčka a Němečkové (2008). Rozhodujícím činitelem je zde pouze retenční kapacita půdy, jelikož při deštích trvajících několik hodin se nemůže projevit zadržení srážkové vody o několik desítek minut (Bíba, 2010; Krešl, 1999).

Obecně při větších extremitách srážkových událostí a vyšším předchozím nasycení půdy již krajinný pokryv na velikost odtoku nemá žádný vliv (Jeníček, 2009c).

Nejhorší vliv na tvorbu povodňových průtoků mají zastavěné plochy (kap. 2.1.2), které vlivem nepropustných hladkých povrchů urychluje a zvyšuje množství povrchového odtoku (obr. 2). Naopak nejlépe situace vypadá při zachování přírodní krajiny, která by ve sledovaném povodí představovala jeho celkové zalesnění.



**Obr. 2:** Maximální roční průměrné denní průtoky pro současný stav a různé scénáře (Papankova et al., 2006, upraveno)

Zvýšené riziko vzniku povodní z tání sněhu hrozí především u horských a podhorských povodí s dominancí sněhového režimu odtoku (Jeníček, 2009a; Kutláková a Jeníček, 2012). Pokud současně s táním sněhu nedochází k přívalovým dešťům, můžeme říci, že jehličnaté i listnaté porosty v horských oblastech dostatečně tlumí povodňové riziko (Kantor a Šach, 2007).



## 3 Materiály a metody

### 3.1 Fyzicko-geografická charakteristika povodí horní Chomutovky

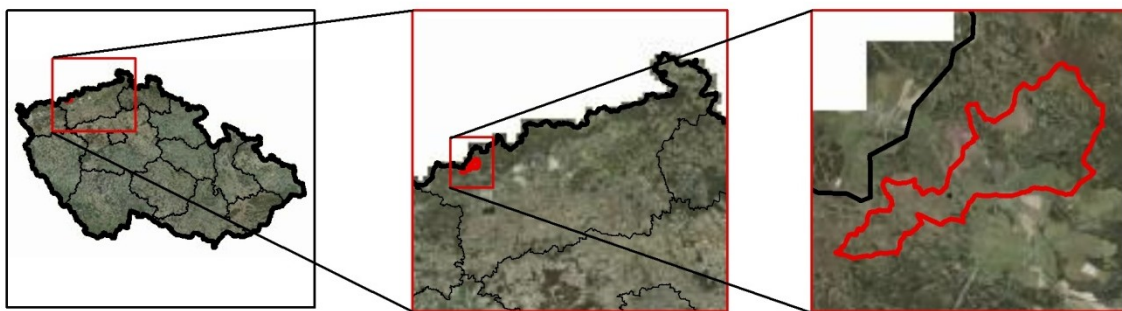
#### 3.1.1 Geografická poloha

Jak již bylo zmíněno v úvodu, zájmovým územím pro ověření předchozích teoretických poznatků bylo povodí horní Chomutovky po závěrový profil Tišina, kde se nachází hladinoměr Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy (obr. 3).

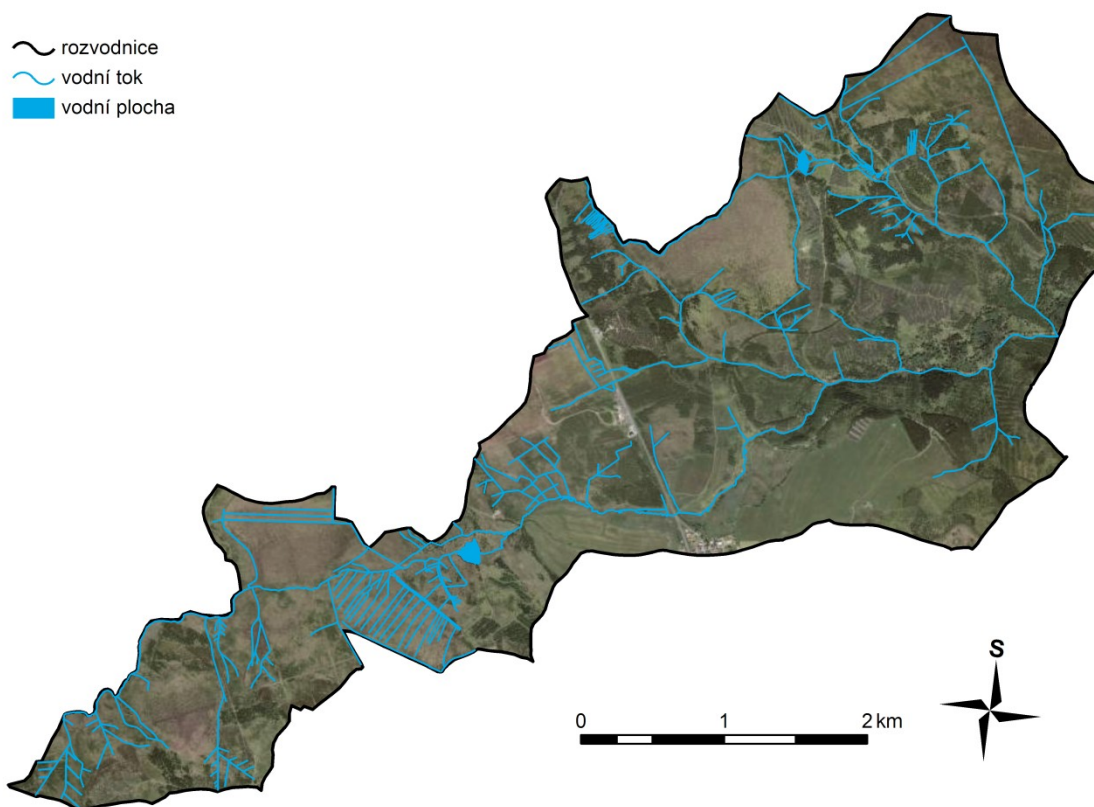


**Obr. 3:** Hladinoměr Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, závěrový profil Tišina

Povodí horní Chomutovky se nalézá v severozápadních Čechách v Ústeckém kraji v okolí obce Hora sv. Šebestiána, obr. 3 a 5. Experimentální povodí je vymezeno rozvodnicí a závěrovým profilem Tišina, ve kterém je umístěn tlakový hladinoměr. Plocha povodí nad uvedeným profilem, vymezená na podkladech databáze DIBAVOD je 14,5 km<sup>2</sup>. Délka hlavního toku je 6,64 km. Nejvyšším bodem povodí je Novoveský vrch (885 m n. m.) poblíž obce Hora Svatého Šebestiána. Pramenná oblast horní Chomutovky se vyznačuje tím, že leží v oblasti vrchovištních rašelinišť. V severní části zasahuje povodí z jihu do Národní přírodní rezervace Novodomské rašeliniště. Dalšími rašeliništi ve zkoumaném území jsou Polské, Schreiberovo a Novoveské (Jeníček, 2009a). Chomutovka pramení u Novoveského rybníku v nadmořské výšce 863 m n. m., protéká městem Chomutov a u města Postoloprty se vlévá do Ohře, která v Litoměřicích ústí do Labe.



**Obr. 4:** Geografická poloha povodí horní Chomutovky (zdroj dat: MŽP,CENIA, 2012)



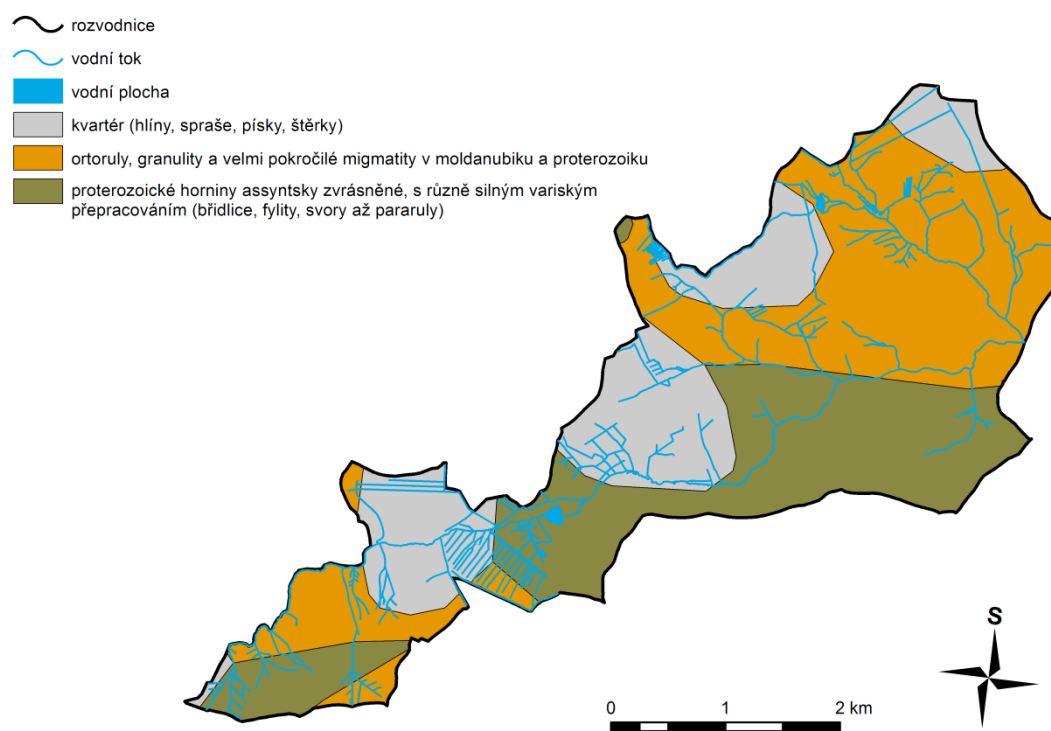
**Obr. 5:** Satelitní snímek zájmového povodí (zdroj dat: MŽP,CENIA, 2012)

### 3.1.2 Geologická stavba

Krušné hory tvoří složité antiklinorní pásmo vzniklé kadomskou (assyntskou) orogenezí koncem starohor a počátkem prvohor, z jihu omezené krušnohorským zlomem. Pásmo je tvořené rulami v centrální části, svory a fylity v okrajových částech a geologicky spadá k oblasti Sasko-durynské, saxothuringikum. Osa antiklinoria probíhá od VSV k ZJZ, přičemž horniny Krušnohorského krystalinika zasahují na severozápadě až do oblasti Saska a na jihu k litoměřickému zlomu (Svoboda et al., 1964).

Oblast byla koncem prvohor zpevněna variským vrásněním a po průniku intruzí granitoidu do hornin došlo ke vzniku krušnohorského plutonu. V období druhohor probíhá na většině území zdvih a odnos. Vlivem alpského vrásnění v třetihorách došlo k porušení Krušných hor četnými zlomy (SV-JZ krušnohorský, SSZ-JJV mariánsko-lázeňský) a vzniku jednostranně ukloněného kerného pohoří. Velký význam ve vývoji Krušných hor měl třetihorní vulkanismus hlavně ve střední části území. Současnou podobu získaly Krušné hory v miocénu a pliocénu, při pohybu podél krušnohorského zlomu. Ve čtvrtohorách ještě doznívala vulkanická a tektonická činnost z konce třetihor, pokračuje erozní činnost a odnos zvětralinového pláště, především vlivem činnosti vodních toků a dochází k akumulaci rašelinišť (Svoboda et al., 1964; Jeníček, 2009a).

Krušnohorské krystalinikum v oblasti horní Chomutovky tvoří převážně různé druhy ortorul a pararul ze spodního paleozoika až proterozoika (obr. 6).



**Obr. 6:** Geologická mapa povodí horní Chomutovky (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)

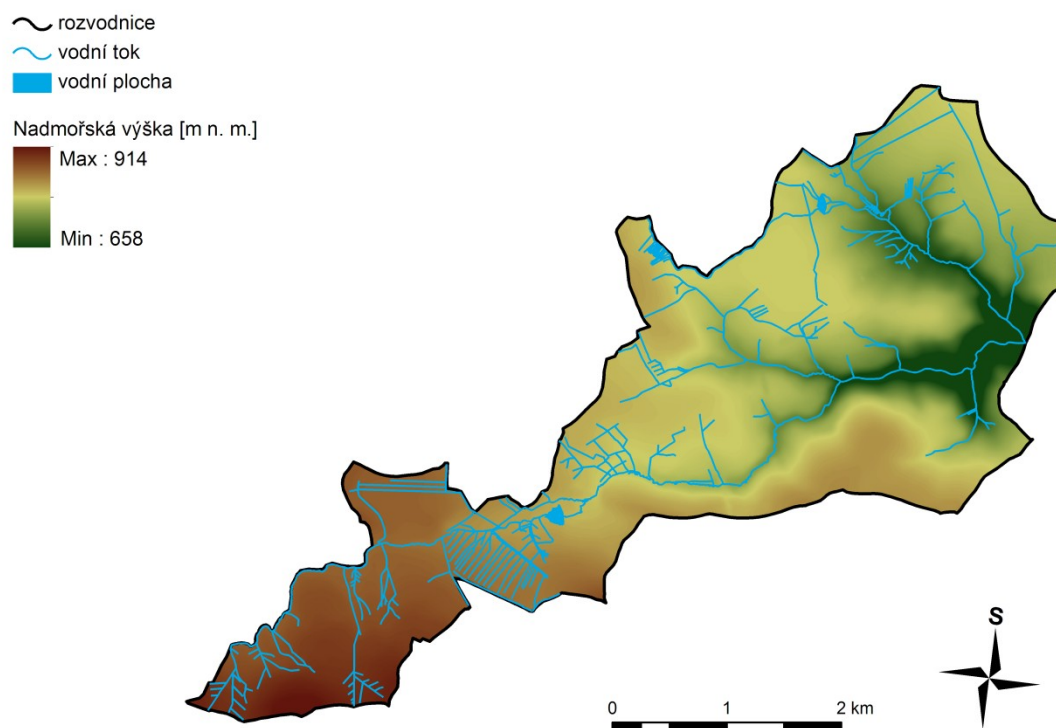
### 3.1.3 Geomorfologie

Povodí se nachází ve výškách 658 – 914 m n. m. Průměrný sklon povodí je 67,2 ‰ (3,8°), sklonitostní rozpětí je však velice proměnlivé. Zájmové území se podle geomorfologického členění nachází v Přísečnické hornatině (tab. 5).

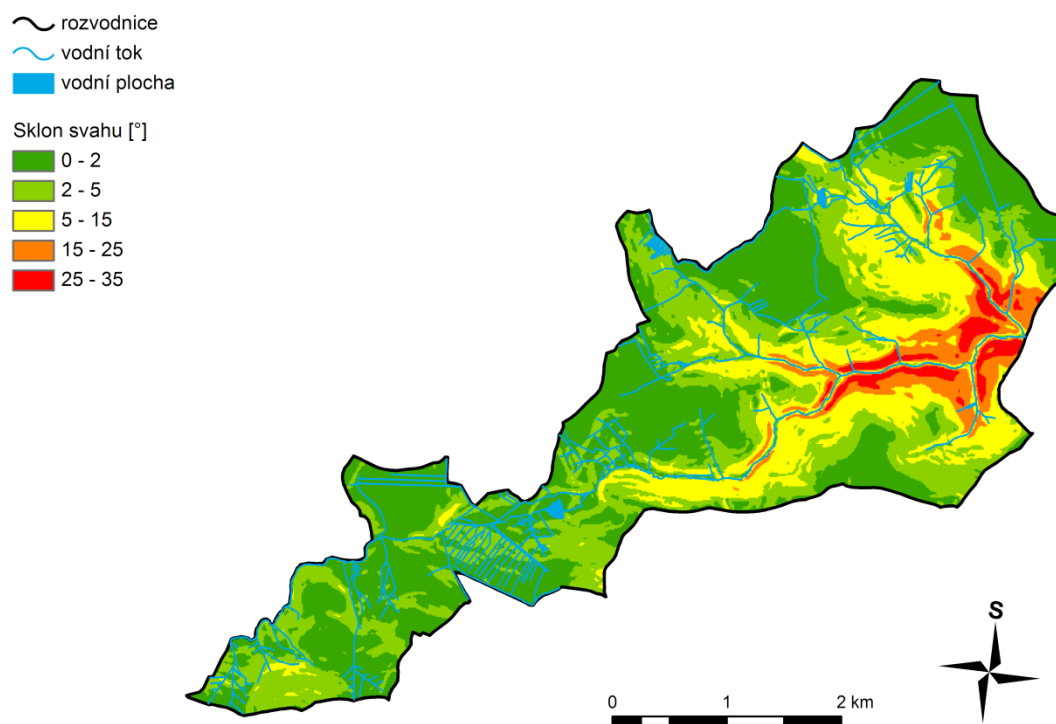
**Tab. 5:** Geomorfologické zařazení experimentálního povodí (Demek et al., 1987; Atlas krajiny ČR, 2009)

Subprovincie	Oblast	Celek	Podcelek	Okrsek	Geomorfologická jednotka
III					Krušnohorská subprovincie
III	A				Krušnohorská hornatina
III	A	2			Krušné hory
III	A	2	B		Loučenská hornatina
III	A	2	B	1	Přísečnická hornatina

Krušné hory jako celek tvoří ukloněnou kru směrem k severozápadu, v pramenných vrcholových částech zarovnanou nebo částečně zvlněnou různě zahloubenými údolími potoků, nad které vystupují suky a sopečné tvary. Plošiny jsou původem zbytky paleogenního zarovnaného povrchu, který byl vyzdvihnut a rozdělen na kry o různé nadmořské výšce, vyskytuje se zde řada denudačních úrovní pokrytých rašeliništi (obr. 9). Jihovýchodní svah je oproti tomu tektonického (zlomového) původu s velkými relativními výškovými stupni. Výrazné je údolí Chomutovky, která se zpětnou erozí zařezává do vrcholových částí Krušných hor a vytváří tak údolí o průměrném sklonu 25° (obr. 7 a 8). Nejvýraznější vliv na dnešní podobu povodí mělo působení periglaciálních procesů ve svrchním pliocénu až pleistocénu, kdy docházelo k formování svahů (Demek et al., 1965; Jeníček 2009a).



**Obr. 7:** Výškové poměry povodí horní Chomutovky (zdroj dat: výškopisná databáze ZABAGED; DIBAVOD )



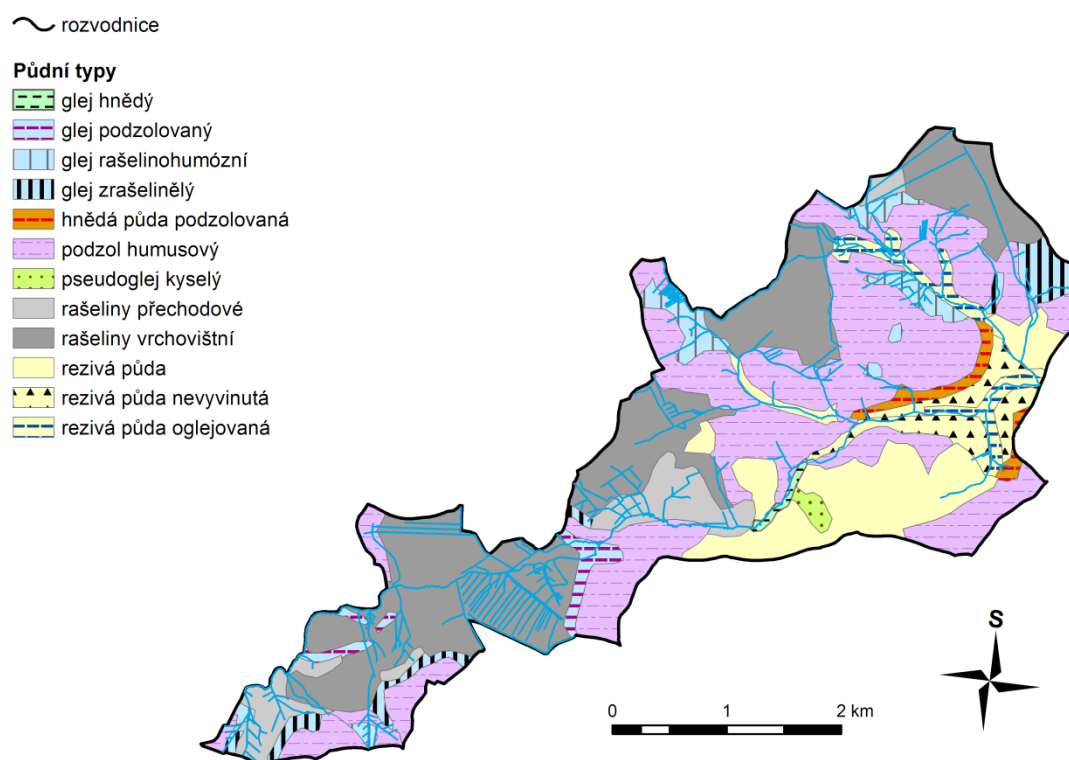
**Obr. 8:** Sklony svahů v povodí horní Chomutovky (zdroj dat: výškopisná databáze ZABAGED)



### 3.1.4 Půdy

Mezi nejvýznamnější faktory formování odtoku patří vlastnosti půdního profilu, které jsou závislé na nadmořské výšce, členitosti reliéfu, základních půdotvorných substrátech, klimatu a vodním režimu.

Pramenná oblast Chomutovky náleží k vyšším oblastem Krušných hor, zde se vyskytují hlavně podzoly (34,5 %), nejrozšířenějším půdním typem jsou zde ale organozemě s rašeliništními půdami (36,7 %), ty spolu s glejovými půdami (8,4 %) ovlivňují povrchový i hypodermický odtok. Glejové půdy se vyznačují celoročně vyšší hladinou podzemní vody, což způsobuje jejich nižší infiltrační kapacitu. Podzoly jsou kypré půdy s příznivými fyzikálními vlastnostmi, které se tvoří v horských oblastech převážně na kyselých a minerálně slabších horninách. Přehled typů půd v zájmovém území je na obr. 9.



**Obr. 9:** Mapa půdních typů v povodí horní Chomutovky (zdroj dat: půdní mapa 1 : 50 000, ČGS)

### 3.1.5 Klima

Podle Köppenovy klasifikace se Krušné hory nachází v klimatu boreálních lesů (Dfc) a vlhkém kontinentálním klimatu (Dfb). Povodí Chomutovky spadá podle Quittovy klasifikace do oblasti CH7, vyznačující se podnebím s velmi krátkým až krátkým, mírně chladným a vlhkým létem, dlouhým přechodným obdobím s mírně chladným jarem a mírným podzimem, dlouhou mírnou až mírně vlhkou zimou s dlouhým trváním sněhové pokrývky (Tolasz et al., 2007). Povodí se nachází v oblasti převládajících západních a severozápadních větrů a výrazné cyklonální činnosti způsobující velkou proměnlivost počasí. Tvar pohoří vytváří vhodné podmínky pro uplatnění orografického efektu vedoucího ke zvýšení srážkových úhrnů na německé straně pohoří. Naopak na české straně, na jihovýchod od horské oblasti se vytváří srážkový stín vyznačující se snížením srážkových úhrnů (Jeníček, 2009a).

V hřebenových oblastech, ve kterých se nachází sledovaná oblast, se projevuje návětrný efekt a růst srážek s nadmořskou výškou a maximy v létě. Letní období se projevuje zvýšenou konvekcí a častějším výskytem bouřek s přivalovými dešti, které pak mohou způsobit povodňové stavy v nižších částech povodí. Minima jsou na podzim a na počátku jara (Jeníček, 2009a).

Odtokové poměry v povodí výrazně ovlivňuje množství spadlých sněhových srážek. Maxima vodní hodnoty a výšky sněhu jsou dosahována na povodí v březnu. Sněhové srážky spolu s dešťovými přeháňkami jsou často příčinou povodní na Chomutovce. V horských oblastech se projevují častěji teplotní inverze a průměrné roční teploty jsou závislé více na nadmořské výšce.

### 3.1.6 Hydrografie a odtokový režim

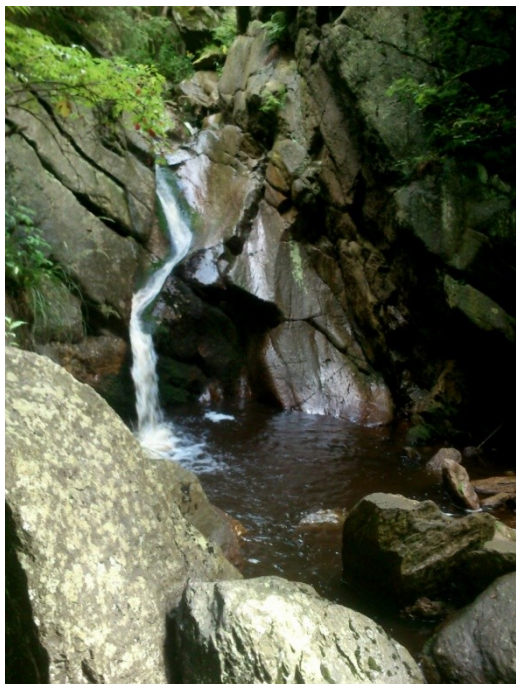
Říční síť v povodí Chomutovky je převážně ovlivněna těžbou rašeliny, kvůli které byla odvodňována rašeliniště. Celkově v povodí bylo vybudováno několik odvodňovacích kanálů, např. Dieterova štola (obr. 10) odvodňující Nový a Starý rybník v povodí Kameničky do Chomutovky (Jeníček, 2009a).



**Obr. 10, 11:** Vlevo snímek dolní části Dieterovy štoly ústící do Chomutovky, vpravo snímek údolí Chomutovky

Horní povodí Chomutovky je podle Gravelia tok III. řádu, má spíše protáhlý tvar, upořádání říční sítě je nesouměrné. Většina přítoků je levostranných a hlavně v pramenné části tvořených odvodňovacími drenážemi. Je zde nejhustší říční síť povodí Chomutovky ( $5,4 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ ) je to dáno malou výškovou členitostí, vysokým povrchovým odtokem a výskytem rašelinišť, zásobujících toky vodou (Jeníček, 2009a). Pouze ve východní části horního povodí v Bezručově údolí převažuje povrchový odtok vlivem výrazné výškové rozdílnosti svahů, který zapříčiňuje vysokou rychlost proudění vody (obr. 11-13).





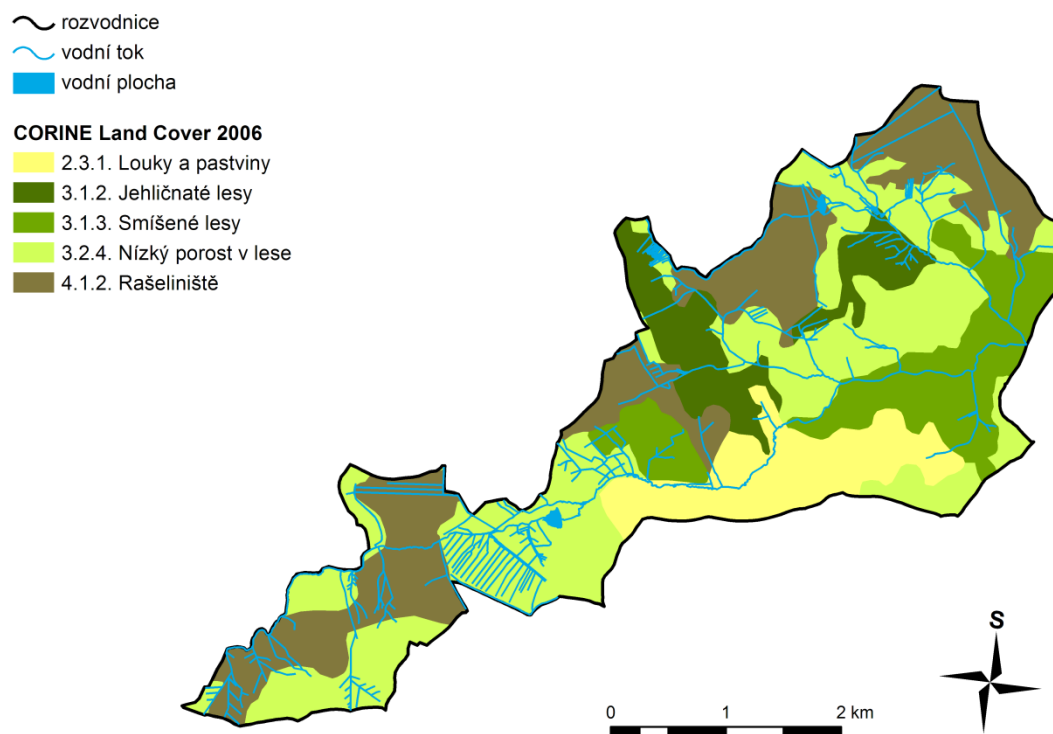
**Obr. 12, 13:** Medvědí vodopády – vpravo dolní část, vlevo horní část

Režim odtoku je nejvíce ovlivněn srážkovými úhrny, převážně v jarním období spojenými s vyšší teplotou vzduchu a táním sněhu a v létě při přívalových či trvalých deštích. Minimální průměrné denní průtoky nastávají koncem léta a na podzim (Jeníček, 2009a).

### **3.1.7 Krajinný pokryv**

Jak již bylo zmíněno v kap. 2.2, krajinný pokryv je důležitou složkou ovlivňující jak bilanční odtokové poměry v povodí (velikost intercepce, evapotranspirace a celkového odtoku), tak reakci povodí na extrémní hydrologické jevy. Podle databáze CORINE Land Cover z roku 2006, která je zatím poslední vydanou databází krajinného pokryvu Evropy od EEA (obr. 14), převažují ve sledovaném povodí kategorie „nízký porost v lese“ (37,5 %), což jsou území, kde se lesní porost obnovuje po odlesnění (obr. 15) a dále rašeliništní plochy s 27,5 % (Jeníček, 2009a). V horním povodí jsou přirozeným lesním společenstvem smíšené lesy (obr. 16) a pro toto povodí typické bučiny, které se zachovaly pouze v nižší údolní části povodí Chomutovky, v horním povodí jsou zastoupeny listnaté porosty pouze ve formě alejí u cest a v okolí zastavěných ploch. Většina lesních společenstev byla nahrazena smrkovými monokulturami. Původní smrkové porosty se vyskytují pouze v podmáčené smrčíně na glejových a rašeliništních půdách. Jak bylo zmíněno v kap. 2.1.2, v 70. a 80. letech 20. století docházelo ke znečištění ovzduší obrovským množstvím škodlivých látek z průmyslové činnosti člověka ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , atd.), došlo k poškození a zničení lesních společenstev

(obr. 17), které mělo za následek výrazné odlesnění, což se pravděpodobně projevilo i na srážko-odtokovém procesu povodí (Jeníček, 2009a). Louky a pastviny jsou prokazatelně zastoupeny pouze u středního okraje povodí (obr. 18).



**Obr. 14:** Mapa krajinného pokryvu v povodí horní Chomutovky CORINE Land Cover 2006 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)



**Obr. 15, 16:** Vpravo snímek obnovy lesa po vymýcení, vlevo snímek smíšeného lesa





**Obr. 17, 18:** Vpravo poškozené smrkové porosty na rašeliništních plochách, vlevo louky přítomné v povodí

## **3.2 Vizualizace krajinného pokryvu (1975, 1987 a současnost)**

### **3.2.1 Klasifikace krajinného pokryvu a metody zpracování**

Hodnocení změn krajinného pokryvu v horním povodí Chomutovky bylo v rámci této práce prováděno pro roky 1975, 1987, tedy lety poškozenými nejvíce imisním znečištěním a následným odumíráním lesních společenstev, a současnost (2010), kdy se již člověk snaží o nápravu. Právě analýza současného stavu a vlivu změn z předchozích let na srážko-odtokové procesy v povodí bylo hlavním tématem této práce.

Ke sledování časové a prostorové dynamiky změn krajinného pokryvu je velmi vhodná jejich vizualizace. Často se s její pomocí znázorňují také zachované areály, kvalitativní změny jsou pak výsledkem znázornění a porovnání stavu krajiny ve sledovaném území v jednotlivých letech (Sedlářiková a Mulková, 2008). Právě porovnání stavu krajiny pomocí vizualizace bylo použito v této práci. Konkrétně šlo o manuální vektorizaci pomocí areálové metody využívající plošných značek, s odlišením jednotlivých kategorií krajinného pokryvu pomocí barev, což umožňuje sledovat průběh změn krajiny porovnáním jejího stavu v konkrétních letech, jak ve své práci zmiňují Sedlářiková a Mulková (2008). Vektorizace byla prováděna v programu ArcGis 10.0.

Metody výzkumu změn krajinného pokryvu jsou často popsány pro velká území (kontinenty, státy, velké regiony), kde se využívá řízená či neřízená klasifikace satelitních snímků, jak je tomu např. u databáze CORINE Land Cover (EEA, 1994), která byla zmiňována v kap. 2.1. Vzhledem k tomu, že klasifikace je prováděna pro měřítko pouze do

1 : 100 000, není příliš vhodná pro malá území o větším měřítku, pro která je až příliš generalizovaná (příloha 9-11). Vzhledem k větší časové náročnosti a obtížnosti získání podrobnějších dat, je ale přesto hojně využívána především v matematickém modelování (Jeníček, 2009a). Vzniklé mapy mohou být jak rastrové (především u klasifikace satelitních snímků), tak vektorové (vektORIZACE mapových podkladů, leteckých a družicových snímků s vysokým rozlišením). Jelikož se jedná o malé povodí a tedy o velké měřítko, byla využita již výše zmiňovaná manuální vektorová interpretace, která spíše vystihne odlišnosti krajinného pokryvu v povodí.

Častou otázkou při sestavování map krajinného pokryvu je kategorizace (klasifikace) jednotlivých typů krajinného pokryvu do tříd tak, aby mohly být efektivně porovnávány v různých časových obdobích a s co největším množstvím získaných informací. To je omezováno hlavně právě zmiňovanou podmínkou zastoupení všech krajinných prvků v každém ze sledovaných let. Výsledná klasifikace pak vzniká z map/dat s nejmenším počtem obsažených krajinných prvků. Možností, jak co nejvíce využít dostupná data a zároveň zachovat jejich kompatibilitu je pak využití hierarchizace. Jedná se o zobrazení krajinných prvků v několika řádovostních úrovních (Kadeřábek, 2006), což bylo z důvodu zpřesnění dat, hlavně z roku 2010, použito i v této práci.

Základní řádovostní úroveň byla použita pro vektorizované ortofotomapy z let 1975, 1987 a ze současnosti (2010), příloha 5-7. Vektorová data krajinného pokryvu z let 1975 a 1987 byla již dříve využita a zpracována v bakalářské práci Svatopluka Stoupy (2011). Pro účely zpracování této bakalářské práce byla data autorce poskytnuta vedoucím této práce. Vzhledem k tomu, že tato data již měla stanovenou klasifikaci, byla tedy použita s menšími úpravami i zde. Vzhledem k malému rozlišení černobílých snímků z let 1975 a 1987 a mnohdy jeho rozostření (příloha 2 a 3), nemohla být vytvořena detailní klasifikace krajinného pokryvu z daných let. V předchozím zpracování ortofotomap z let 1975 a 1987 použil Stoupa (2011) 6 typů krajinného pokryvu. Pro dodržení kompatibility mezi hodnocenými lety byl typ zemědělská půda dříve klasifikovaný v letech 1975 a 1987 přiřazen k loukám a pastvinám a nakonec tedy bylo využito pouze 5 základních viditelných a rozeznatelných typů krajinného pokryvu:

- *les* (převážně vysoký porost kompaktnějšího charakteru)
- *louky a pastviny* (zahrnují i mýtiny v lesích a dále nerozlišený povrch bez porostu)
- *rašeliniště* (prokazatelné kompaktní výrazné plochy rašelinišť, často porostlé nízkou řídkou vegetací)

- *vodní plocha* (významné vodní nádrže)
- *zástavba* (dostatečně velké budovy, souvislá zástavba)

Vzhledem k většímu rozlišení a barevnému zpracování ortofotomapy z let 2010 (příloha 4) poskytnuté geoportálem CENIA (MŽP, CENIA, 2012) a jejím následným porovnáním při terénním mapování s aktuální situací v povodí horní Chomutovky v létě 2012 (příloha 20), což doporučují Guth a Kučera (1997), byla právě v tomto případě využita kromě základní úrovně i detailnější řádovostní úroveň klasifikace s 8 typy krajinného pokryvu (příloha 8) částečně inspirovaných klasifikací CORINE Land Cover:

- *jehličnatý les* (převážně vysoký porost kompaktnějšího charakteru)
- *smíšený les* (převažující vzrostlý porost v povodí)
- *listnatý les* (spíše aleje a listnaté dřeviny blízko osídlení)
- *nízký lesní porost, mýtina* (mýtiny v lesích, nízký lesní porost vzniklý buď umělou či přirozenou obnovou lesa a dále řídký lesní porost)
- *louky a pastviny* (prokazatelné plochy luk a pastvin v rámci povodí)
- *rašeliniště* (prokazatelné kompaktní výrazné plochy rašelinišť, často porostlé nízkou řídkou vegetací)
- *vodní plocha* (významné vodní nádrže)
- *zástavba* (dostatečně velké budovy, souvislá zástavba)

V rámci práce byly zachyceny jednak stabilní plochy krajinného pokryvu, tedy plochy, u kterých se během pozorovaného období nezměnil krajinný pokryv, mezi jednotlivými lety i v rámci celého období (příloha 12-14), tak také změny proběhlé v rámci hlavních kategorií (les, louky a pastviny) krajinného pokryvu (příloha 15-18). Stabilní plochy i změny v rámci jednotlivých kategorií krajinného pokryvu byly hodnoceny v rámci vektorových dat a dále statisticky zpracovány. Naopak pro hodnocení a kvantifikaci změn pomocí mapové algebry autorka vycházela z práce Zouharové (2009). Mezi třídami krajinného pokryvu v rámci sledovaných let byla vektorová data převedena do rastrové podoby do formátu GRID a reklasifikována podle klíče uvedeného v tab. 6. Po sečtení ploch pak vznikl třímístný kód naznačující změny mezi krajinnými pokryvy. Např. kód 231 značí, že v roce 1975 byla plocha pokryta loukami a pastvinami, v roce 1987 pak rašeliništi a v roce 2010 se krajinný pokryv změnil na les. Kód se třemi stejnými čísly, např. 111 značí, že se krajinný pokryv na dané ploše neměnil a v tomto případě byl ve všech sledovaných letech

zalesněn. Vektorizované plochy a jejich změny byly dále statisticky analyzovány a vyhodnocovány.

**Tab. 6:** Reklasifikace map krajinného pokryvu

<b>Změna krajinného pokryvu</b>			
<b>Krajinný pokryv</b>	<b>Kategorie v roce 1975</b>	<b>Kategorie v roce 1987</b>	<b>Kategorie v roce 2010</b>
Les	100	10	1
Louky a pastviny	200	20	2
Rašeliniště	300	30	3
Vodní plocha	400	40	4
Zástavba	500	50	5

Z výsledného kódu byly identifikovány hlavní varianty vývoje krajiny mezi sledovanými lety a zpracovány v rámci celého sledovaného období (příloha 19).

V průběhu dvoudenního terénního mapování v dané oblasti byla porovnávána ortofotomapa z roku 2010 se současností (léto 2012), dále byly zjišťovány přírodní a antropogenní poměry v povodí a pořizovány fotografie krajiny (příloha 20).

## 4 Výsledky

### 4.1 Kvantifikace změn krajinného pokryvu

Práce hodnotí vliv změn krajinného pokryvu (na podkladě leteckých snímků) na srážko-odtokové poměry. Mapování probíhala v povodí horní Chomutovky po profil Tišina. K vizualizaci změn bylo využito ortofotomap z let 1975, 1987, 2010 a terénního mapování přímo v dané lokalitě v létě 2012.

Jak již bylo zmíněno v kap. 3.2, k mapování změn krajinného pokryvu byla zvolena vizualizace metodou plošných značek, s využitím odlišení jednotlivých kategorií krajinného pokryvu pomocí barev. Pro porovnání změn bylo stanoveno 5 základních kategorií krajinného pokryvu, které byly porovnávány v jednotlivých letech (příloha 5-7). Současná ortofotomapa byla navíc hodnocena na detailnější hierarchické úrovni s 8 typy krajinného pokryvu (příloha 8). Zastoupení jednotlivých typů krajinného pokryvu ve zkoumaných letech je znázorněno v tab. 7. Kvantifikované změny krajinného pokryvu mezi jednotlivými lety pak v tab. 8.

**Tab. 7:** Kvantifikace krajinného pokryvu mezi lety 1975, 1987 a 2010

Krajinný pokryv	1975		1987		2010	
	[km <sup>2</sup> ]	[%]	[km <sup>2</sup> ]	[%]	[km <sup>2</sup> ]	[%]
Les	8,23	56,7	3,87	26,6	4,97	34,3
Louky a pastviny	4,56	31,4	8,87	61,1	7,35	50,6
Rašeliniště	1,63	11,2	1,72	11,8	2,08	14,3
Vodní plocha	0,03	0,2	0,03	0,2	0,03	0,2
Zástavba	0,06	0,4	0,03	0,2	0,08	0,6
<b>Celkem</b>	14,51	100,0	14,51	100,0	14,51	100,0

**Tab. 8:** Kvantifikace změn krajinného pokryvu mezi lety 1975, 1987 a 2010

Krajinný pokryv	Změna 1975 - 1987		Změna 1987 - 2010		Změna 1975 - 2010	
	[km <sup>2</sup> ]	[%]	[km <sup>2</sup> ]	[%]	[km <sup>2</sup> ]	[%]
Les	3,9	-30,1	1,11	7,6	-3,26	-22,5
Louky a pastviny	4,31	29,7	-1,52	-10,5	2,79	19,2
Rašeliniště	0,09	0,6	0,36	2,5	0,45	3,1
Vodní plocha	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
Zástavba	-0,04	-0,3	0,06	0,4	0,02	0,6

Mezi lety **1975 a 1987** zůstala větší část území (57,9 %) nezměněná (příloha 12). Na zbytku území došlo k největšímu úbytku v lesním porostu a to o 30,1 % (příloha 15). V roce 1975 byla nadpoloviční část (56,7 %) plochy povodí zalesněná (příloha 5). Do roku 1987 se zmenšovala vlivem odlesnění z důvodu těžby rašeliny (tab. 9) a dřeva a v důsledku zničení imisemi z průmyslové činnosti v 70. a 80. letech. Na úkor lesních ploch se rozšířily louky a pastviny o 28,7 % (tab. 9, příloha 16) až na celkovou rozlohu 8,87 km<sup>2</sup> (61,1 %) plochy povodí v roce 1987 (příloha 6). V ostatních typech krajinného pokryvu nebyly zaznamenány žádné výraznější změny.

Celkem došlo ke 12 významnějším variantám vývoje krajinného pokryvu, kde jak bylo zmíněno, vynikala nadpoloviční plocha území beze změny a přeměna krajinného pokryvu z lesů na louky a pastviny (tab. 9).

**Tab. 9:** Kvantifikace změn mezi jednotlivými typy krajinného pokryvu mezi lety 1975 a 1987

Pořadí	Kategorie v roce 1975	Kategorie v roce 1987	Plocha [ha]	Relativní podíl na celkové ploše [%]
1	les	louky a pastviny	487,67	33,6
2	les	les	310,99	21,4
3	les	rašeliniště	23,66	1,6
4	louky a pastviny	louky a pastviny	381,09	26,3
5	louky a pastviny	les	70,66	4,9
6	louky a pastviny	rašeliniště	2,96	0,2
7	rašeliniště	rašeliniště	145,12	10,0
8	rašeliniště	louky a pastviny	14,13	1,0
9	rašeliniště	les	3,41	0,2
10	vodní plocha	vodní plocha	1,98	0,1
11	zástavba	louky a pastviny	3,08	0,2
12	zástavba	zástavba	2,05	0,1

Mezi lety **1987 a 2010** zůstalo stabilně pokryto 49,1 % území (příloha 13). K největší změně tentokrát došlo v kategorii louky a pastviny, kde ubylo 10,5 % (příloha 18) jejich plochy, přesto tento typ krajinného pokryvu zabíral 50,6 % území. Lesní porosty jsou stále ovlivněny znečištěním, ale dochází k jejich pomalé obnově. Celkově vzrostla zalesněná plocha o 8,9 % (tab. 10, příloha 17). V povodí probíhá intenzivní lesnická činnost a les je tak průběžně sklizen a znovu vysazován. Povodí tak lemují různě velké plochy lesních porostů různého druhu a stáří.



Celkem došlo k 11 významnějším variantám vývoje krajinného pokryvu. Vynikala opět téměř poloviční plocha území beze změny a tentokrát přeměna krajinného pokryvu z luk a pastvin na lesy (tab. 10).

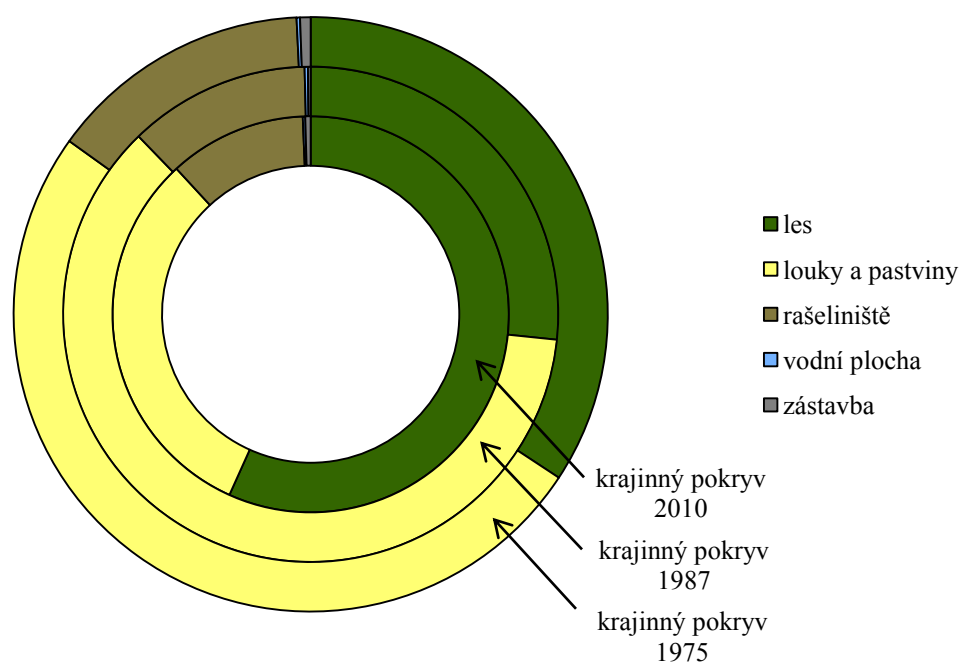
**Tab. 10:** Kvantifikace změn mezi jednotlivými typy krajinného pokryvu mezi lety 1987 a 2010

Pořadí	Kategorie v roce 1987	Kategorie v roce 2010	Plocha [ha]	Relativní podíl na celkové ploše [%]
1	les	louky a pastviny	122,45	8,4
2	les	les	246,68	17,0
3	les	rašeliniště	15,92	1,1
4	louky a pastviny	les	250,35	17,3
5	louky a pastviny	louky a pastviny	606,95	41,8
6	louky a pastviny	rašeliniště	23,23	1,6
7	louky a pastviny	zástavba	5,43	0,4
8	rašeliniště	rašeliniště	168,63	11,6
9	rašeliniště	louky a pastviny	3,12	0,2
10	vodní plocha	vodní plocha	1,98	0,1
11	zástavba	zástavba	2,05	0,1

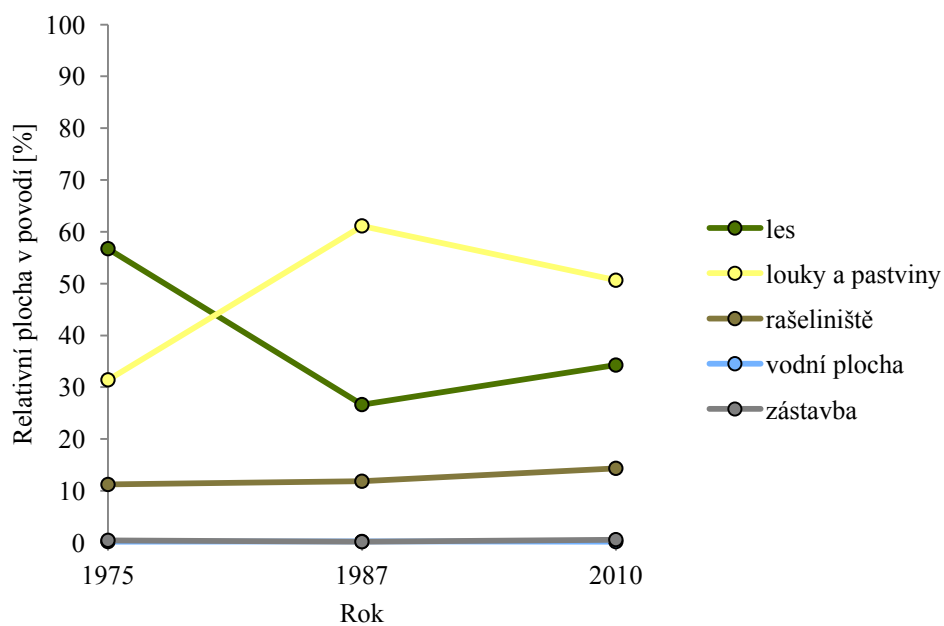
Celkově mezi lety **1975 až 2012** došlo až téměř nepřímo úměrně k nárůstu/úbytku plochy lesních porostů a luk a pastvin. Nejprve ke snižování plochy lesních porostů a nárůstu ploch luk a pastvin (příloha 15 a 16) a následně k nárůstu ploch lesních porostů a úbytku luk a pastvin (obr. 19, příloha 17 a 18). Nedošlo k žádné výrazné změně vodních ploch v oblasti (tab. 7 a 8). Mírný nárůst ploch rašelinišť je nejspíše způsoben jen vlivem odlesnění, odvodnění či kvalitnější barevné ortofotomape z roku 2010 a tedy jejich lepší viditelnosti při zpracování.

Území prošlo celkem 25 variantami vývoje krajinného pokryvu na 99,7 % povodí (příloha 19). Buď se krajinný pokryv ve všech sledovaných letech nezměnil (42,8 %), nebo docházelo ke změnám mezi kategoriemi krajinného pokryvu. Stabilní pokryv v letech 1975 až 2010 je znázorněn jak mezi jednotlivými lety, tak za celé sledované období v přílohách 12-14.

a)



b)



**Obr. 19:** a) Podíl ploch typů krajinného pokryvu na celkové ploše v jednotlivých letech  
b) Znáznornění nárůstu/ úbytku ploch krajinného pokryvu v jednotlivých letech

## 5 Diskuze

### 5.1 Faktory ovlivňující srážko-odtokové poměry

Odtok z povodí je ovlivněn kromě krajinného pokryvu mnoha dalšími činiteli, což výrazně stěžuje kvantifikaci a určení konkrétního vlivu krajinného pokryvu. Kromě něj zde působí další geografické faktory, klimatičtí a antropogenní činitelé. Míra ovlivnění je velmi proměnlivá a nedá se obecně specifikovat pro všechna území, ale pouze částečně pro danou zkoumanou oblast (Starý, 2005).

Ze studie a rešerše odborné literatury vyplývá, že odtok nejvíce ovlivňuje z geografických faktorů (Netopil, 1984):

- Reliéf – výšková členitost, sklonitost svahů v povodí, jejich horizontální či vertikální členitost, drsnost povrchu
- Geologie – hlavním faktorem je rozložení propustných a nepropustných hornin, nebo zvětralinového pláště a jejich ovlivnění výsledného typu a mocnosti půdy
- Hydrologické vlastnosti – plocha povodí, tvar, hustota říční sítě a průběh toků
- Půdní vlastnosti – schopnost infiltrace a transformace odtoku povrchového na podpovrchový, intenzita vsaku

Největší vliv je však přikládán klimatickým a právě zkoumaným vegetačním poměrům. Klimatické faktory ovlivňují množství a intenzitu spadlých atmosférických srážek na povodí, jako základního hybného faktoru odtoku. Kromě toho množství a intenzita srážek v povodí a tedy i výsledný odtok je ovlivněn teplotními podmínkami, prouděním vzduchu, obsahem vodních par v ovzduší atd. (Trizna, 2004; Starý, 2005).

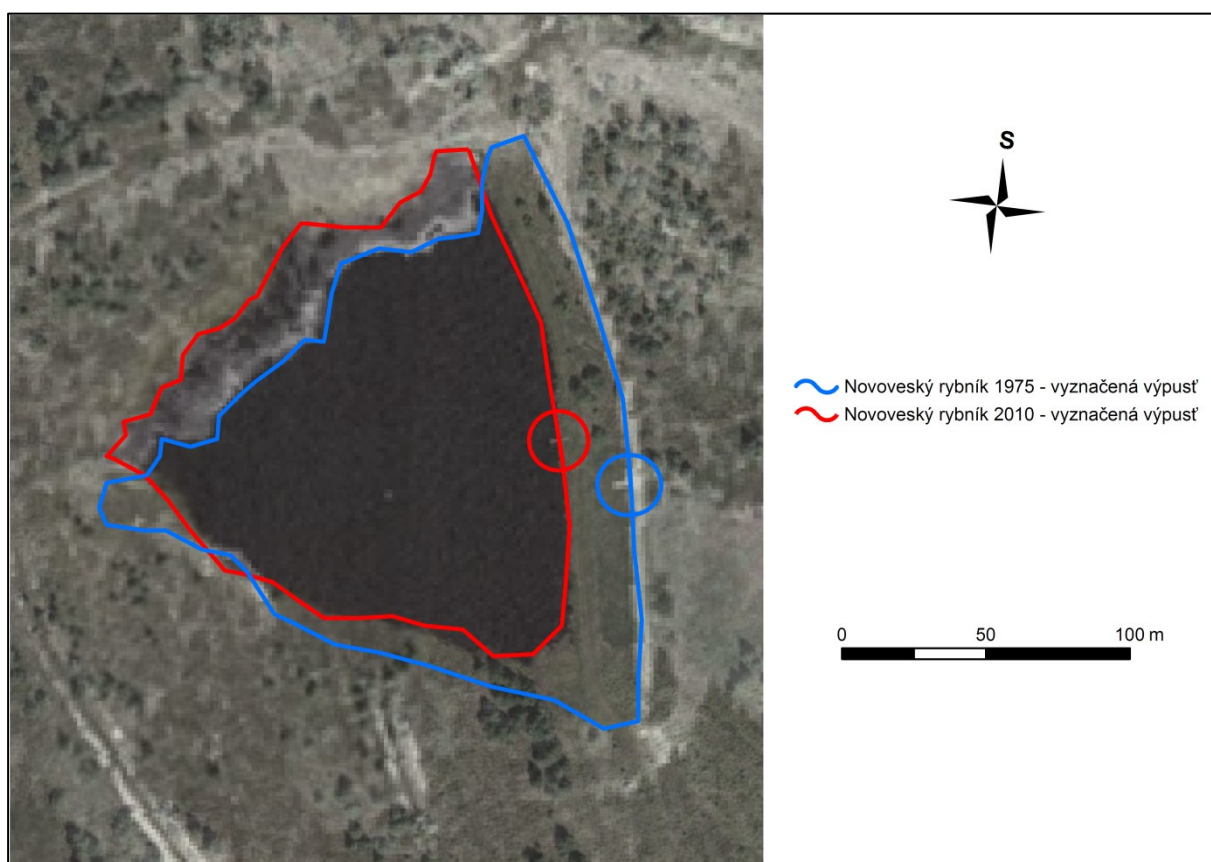
U vegetačních činitelů je hlavním faktorem charakter typu vegetace. Každý typ krajinného pokryvu má odlišné vlastnosti. Odtokové poměry ovlivňuje hlavně míra zapojení těchto vlastností. Jedná se o zadržování vlhkosti na povrchu listů a větví (intercepce), akumulčních schopností, intenzita vsaku (infiltrace), retenční schopnosti povrchu nebo výparem z půdy či povrchu rostlin (evapotranspirace). V každém případě je důležitá také rozloha, umístění povodí, stáří, stav či druhová skladba a způsob hospodaření.

Výrazný vliv na odtokové poměry má také člověk a výsledky jeho práce. Antropogenní ovlivnění odtoku se projevuje ve formě odvodnění ploch, využívání krajiny, napřimování říčních koryt, protipovodňových opatření atd. (Netopil, 1984; Langhammer a Vilímek, 2008).

## 5.2 Nejistoty vstupních dat a způsobů zpracování

Velkou roli, hlavně ve zpracování a interpretaci výsledků hraje nepřesnost vstupních dat a další nepřesnosti vyplývající z jejich dalšího zpracování, ovlivněné technickými parametry a zkušeností zpracovatele (Guth a Kučera, 1997).

Vzhledem k tomu, že vektorizovaná data a ortofotomapy byli přejímány z dřívější bakalářské práce Stoupy (2011), vykazovaly již před dalším zpracováním určitou vstupní chybu. Kvůli rozlišení ortofotomap hlavně z let 1975 a 1987 nebylo možné stanovit detailněji kategorie krajinného pokryvu v povodí a projevilo se zde také odlišné zpracování starších a současných dat, závislé na zkušenostech a subjektivním názoru zpracovatele (Guth a Kučera, 1997). Při porovnání starších ortofotomap se současnou ortofotomapou z roku 2010 je také možné sledovat posun objektů i o několik metrů, který je viditelný hlavně v rámci vodních ploch (obr. 25). Tento posun nastal v práci Stoupy (2011), kde zmiňuje, že v průběhu ortorektifikace vznikly odchylky hlavně v oblastech s minimálním počtem vizuálně identifikovatelných vlíčovacích bodů. Tento posun se projevuje v rozdílu mezi hodnotami a hlavně prostorovým uspořádáním zastoupených ploch krajinného pokryvu v povodí.



**Obr. 20:** Posun objektů (konkrétně Novoveský rybník) mezi ortofotomapami z let 1975 a 2010

Další nepřesnosti vznikly během zpracování dat v rámci této práce. Při vektorizaci krajinného pokryvu dochází často, jak již bylo řečeno, k subjektivní klasifikaci tříd krajinného pokryvu a jejich rozmístění v rámci povodí. Vliv na přesnost dat má také zvolené měřítko a míra generalizace klasifikovaného pokryvu. V této práci byla větší generalizace a sjednocení klasifikovaných ploch použito hlavně k zajištění kompatibility mezi sledovanými lety. Pro rok 2010 pak byla na vyšším hierarchickém stupni provedena detailnější klasifikace. Další nejistoty vznikly při analýze změn krajinného pokryvu mezi jednotlivými lety. Pro snadnější práci v programu ArcGis 10.0, byla data z vektorové podoby převedena do podoby rastrové, čímž se snížila jejich přesnost, ale umožnilo to rychlejší vyhodnocení proběhlých změn. Nepřesnosti nastali také při konečném statistickém zpracování dat zaokrouhlením hodnot.

Nejistoty vstupních dat spolu s částečně subjektivním hodnocením autorů při rozmístění a určení typu krajinného pokryvu v rámci vektorizace a dalším zpracováním dat v rastrovém formátu a pomocí statistických analýz, zvyšují míru nejistot vzniklých ve vypovídací hodnotě dat. Odchyly vzniklé při ortorektifikaci leteckých snímků z let 1975 a 1987, mohly zapříčinit naakumulování nejistot díky velkému počtu malých polygonů vzniklých během vizualizace. Vyčíslené hodnoty jsou tedy spíše orientační než exaktní.

## 6 Závěr

Na základě rešerše odborné literatury byl zjištěn výrazný vliv rozdílnosti krajinného pokryvu na srážko-odtokové procesy. Stále se však najdou protichůdné názory na míru tohoto ovlivnění. Srážko-odtokový proces je velice složitý děj, který je kromě krajinného pokryvu ovlivněn mnoha dalšími přírodními i antropogenními faktory a tak je těžké zjistit přesnou míru ovlivnění pouze v rámci krajinného pokryvu. Záleží také na tom, v jakém měřítku změny pozorujeme, výsledky zjištěné v rámci určitého povodí nelze obecně uplatnit pro jakékoliv jiné povodí, kde jinou měrou působí ostatní přírodní či antropogenní činitelé.

V povodí horní Chomutovky ve sledovaných letech 1975, 1987 a 2010 docházelo převážně ke změnám krajinného pokryvu mezi lesy a loukami a pastvinami. Mezi lety 1975 a 1987 docházelo především k růstu ploch luk a pastvin na úkor lesů, které byly poškozené škodlivými imisemi z průmyslové činnosti. Mezi lety 1987 a 2010 naopak rostly plochy lesů na úkor luk a pastvin. Za celé sledované období byla přibližně polovina území (42,8 %) stabilně pokrytá neměnným krajinným pokryvem.

V rámci dalšího zkoumání vlivu změn krajinného pokryvu na s-o poměry v povodí by bylo vhodné se pokusit o kvantitativní analýzu zmiňovaného vlivu např. pomocí v dnešní době hojně rozšířeného matematického modelování a zjištění konkrétních směrů a hodnot ovlivnění. To již bylo v rámci povodí horní Chomutovky zkoumáno např. v práci Jeníčka (2009a). Vzhledem k tomu, že zpracování výsledků v matematických modelech je podmíněno z větší části kvalitou vstupních dat, bylo by vhodné pro zpřesnění výsledků využít detailněji zpracované hodnocení rozložení jednotlivých prvků krajinného pokryvu v povodí, zároveň s důkladnějším zaměřením na získání kvalitnějších vstupních hodnot alespoň některého z činitelů použitého ve vybraném modelu.

## 7 Seznam použité literatury

ABAGIU, P. a S. A. MUNTEANU. Contributii la studiul retentiei in litiera arboretelor de molid. In: *Stud. Cerc. ale Inst. Cerc. Amenajari silvice*. 1974, Ser. 1. Silvic., 31, 147-157.

ADAMEC, M., L. BŘEZKOVÁ, M. HANZLOVÁ, J. HORÁK a J. UNUCKA. Modelování vlivu land use na srážkoodtokové vztahy s podporou GIS. In: *Říční krajina 4: sborník příspěvků z konference*. Olomouc: PřF UPOL, 2006, 335-350.

*Atlas krajiny České republiky: Landscape atlas of the Czech Republic*. Praha, Průhonice: Ministerstvo životního prostředí České republiky, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., 2009, 1 atlas (331 s.).

AUSSENAC, G. Influences du couvert forestier sur les précipitations. *Revue forest. franc.* 1969, 21(7), 135 – 156.

BADOUX, A., M. JEISY, H. KIENHOLZ, P. LÜSCHER, R. WEINGARTNER, J. WITZIG a Ch. HEGG. Influence of storm damage on the runoff generation in two sub-catchments of the Sperbelgraben, Swiss Emmental. *European Journal of Forest Research*. 2006, 125(1), 27-41.

BÍBA, M., Z. OCEÁNSKÁ, Z. VÍCHA a M. JAŘABÁČ. Lesnicko-hydrologický výzkum v Beskydských experimentálních povodích. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i. a Ústav hydrologie SAV, 2006, 54(2), 113-122.

BÍBA, M., K. VÍCHA, M. JANOVÁ a JARABÁČ. Obnova lesa v experimentálním povodí Červík a její vliv na odtokový proces. *Zprávy lesnického výzkumu = Reports of forestry research*. 2010, 55(2), 126-132.

BOSCH, J. M. a J. D. HEWLETT. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of hydrology*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982, 55(1-4), 3-23.

BRONSTERT, A., D. NIEHOFF a G. BÜRGER. Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities. *Hydrological Processes*. 2002-02-15, 16(2), 509-529.

CALDER, I. R. Hydrologic effects of land-use change. In: MAIDMENT, D. R. *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1993, 3.1-3.50.

DELFS, J., W. FRIEDRICH, H. KIESEKAMP a A. WAGENHOFF. Der Einfluß des Waldes und des Kahlschlages auf den Abflußvorgang, den Wasserhaushalt und den Bodenabtrag. *Aus dem Walde*. Heft 5. 1958, 1-230.

DEMEK, J. et al. *Geomorfologie českých zemí*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství československé akademie věd, 1965, 335 s.

DEMEK, J. et al. *Zeměpisný lexikon ČSR: Hory a nížiny*. 1. vyd. Praha: Academia - Nakladatelství československé akademie věd, 1987, 584 s.

DI GREGORIO, A. a L. J. M. JANSEN. *Land cover classification system (LCCS): classification concepts and user manual; for software version 1.0* [online]. Repr. Rome: FAO, 2001 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/x0596e00.htm>>

ECKHARDT, K., L. BREUER, H. G. FREDE. Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects. *Journal of Hydrology*. Amsterdam: North-holland Publishing Company, 2003, 273(1-4), 164-176.

EEA. *CORINE Land Cover* [online]. Copenhagen: Commission of the European Communities, 1994-12-31 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>>

FERDA, J. Hydrologický význam horských vrchovištních rašelinišť. *Sborník ČSAZV – Lesnictví*, 1960, 10, 835-856.

FOHRER, N., S. HAVERKAMP, K. ECKHARDT, H. G. FREDE. Hydrologic Response to land use changes on the catchment scale. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*. 2001, 26(7-8), 577-582.

GUTH, J. a T. KUČERA. Monitorování změn krajinného pokryvu s využitím DPZ a GIS. *Příroda*. Praha, 1997, 10, 107-124.

HEIS, M. Vliv odlesnění a odumírání horských smrčín na teploty krajinného krytu a možné důsledky pro formování odtoku v oblasti centrální Šumavy. In: LANGHAMMER, J., ed. *Povodně a změny v krajině*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie, 2007, 333-341.

HINTNAUS, I. *Vliv sněhové pokrývky v zalesněném a nezalesněném prostředí na odtok vody z povodí*. České Budějovice, 2011. Diplomová práce. PřF UK. Vedoucí práce RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

HOFFMANN, D. Der Wasserhaushalt des Waldbodens - Möglichkeiten einer Dargebotssteuerung. *Forst und Holzwirtschaft*. 1968, 23(18), 370-373.

HOLKO, L. a Z. KOSTKA. Impact of Landuse on Runoff in Mountain Catchments of Different Scales. *Soil and water research: SWR Institute of Agriculture and Food Information, Czech Academy of Agricultural Sciences*. 2008, 3(3), 113-120.

HRIBÍK, M. a J. ŠKVARENINA. Vplyv ihličnatého a listnatého lesa v rastovej fáze žrdoviny na vytváranie snehových zásob. In Hribík, M., Holko L., Škvarenina J. *12. Stretnutie snehárov: Zborník zo seminára*. 2007. 88-98.

HUNDECHA, Y. a A. BÁRDOSSY. Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model. *Journal of Hydrology*. 2004, 292(1-4), 281-295.



INSPIRE. Krajinný pokryv. ČÚZK. ČÚZK: *Geoportál* [online]. 2010 [cit. 2012-08-01]. Dostupné z:

<[http://geoportal-orto.cuzk.cz/\(S\(niud5p45kzplxv45fr5llmh\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&text=INSPIRE\\_K\\_pokryv&side=INSPIRE\\_dSady&menu=41&head\\_tab=sekce-04-gp](http://geoportal-orto.cuzk.cz/(S(niud5p45kzplxv45fr5llmh))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&text=INSPIRE_K_pokryv&side=INSPIRE_dSady&menu=41&head_tab=sekce-04-gp)>

IROUMÉ, A., A. HUBER a K. SCHULZ. Summer flows in experimental catchments with different forest covers, Chile. *Journal of Hydrology*. 2005, 300(1-4), 300-313.

JANSKÝ, B. Water Retention in River Basins. *Acta Universitatis Carolinae: Geographica*. Praha: Karolinum-nakladatelství Univerzity Karlovy, 2003, 38(2), 173-183.

JENÍČEK, M. *Extrémní povodně v kontextu současných a historických změn v krajině*. Závěrečná zpráva projektu GAUK 255/2006, Praha: PřF UK, 2009a, 46 s.

JENÍČEK, M. *Modelování průběhu extrémních povodní v kontextu krajinných změn a integrované protipovodňové ochrany*. Praha, 2009b. Disertační práce. PřF UK. Vedoucí práce RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D.

JENÍČEK, M. Runoff changes in areas differing in land-use in the Blanice river basin - application of the deterministic model. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2009c, 57(3), 154-161.

JENÍČEK, M. a A. TAUFMANNOVÁ. Vliv vegetace na akumulaci a tání sněhu – výběr z výsledků výzkumu Katedry fyzické geografie a geoekologie PřF UK v letech 2009 a 2010. In: JIRÁK, J., J. POBŘÍSLOVÁ, V. VAJSKEBR a L. DUCHÁČEK, ed. *Sborník příspěvků ze semináře XV. Mezinárodního stretnutí snehárov: Hrubý Jeseník, Kouty nad Desnou, 16.-18.3. 2010*. Praha: ČHMÚ, 2010, 43-51.

JOST, G., M. WEILER, D. R. GLUNS a Y. ALILA. The influence of forest and topography on snow accumulation and melt at the watershed-scale. *Journal of Hydrology*. 2007, 347(1-2), 101-115.

KADEŘÁBEK, T. *Analýza změn krajinného pokryvu modelového území v Národní přírodní rezervaci Karlštejn*. Praha, 2006. Magisterská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Vedoucí práce RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

KANTOR, P. Vliv buku na produkci a hydrickou účinnost smrkových porostů ve smrkobukovém stupni. Opočno, VÚLHM-VS, 1980, 94 s.

KANTOR, P., V. KREČMER, F. ŠACH, V. ŠVIHLA a V. ČERNOHOUS. *Lesy a povodně: souhrnná studie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003, 48 s.

KANTOR, P., F. ŠACH a Z. KARL. Analýza evapotranspirace mladého smrkového a bukového porostu v bezsrážkových obdobích. In: KANTOR, P., F. ŠACH, V. ČERNOHOUS a Z. KARL. *Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací - povodní a sucha: Projekt NAZV IG57016*. Brno, Opočno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta; VÚLHM, 2005, 11-29.

KANTOR, P., Z. KARL a F. ŠACH. Ukládání a intenzita tání sněhu v mladém smrkovém a bukovém porostu v zimním období 2005/2006. In: ROŽNOVSKÝ, J. a T. LITSCHMANN, ed. *Klima lesa: sborník abstraktů a CD ROM : [mezinárodní vědecká konference, Křtiny, 11.-12.4.2007]*. Praha: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Českého hydrometeorologického ústavu, 2007, 74-83.

KANTOR, P. a F. ŠACH. Vodní režim mladého horského smrkového a bukového porostu ve vegetačních obdobích 2005 a 2006. In: STŘELCOVÁ, K, J. ŠKVARENINA a M. BLAŽENEC, ed. *International scientific conference bioclimatology and natural hazards: [17-20 September, Zvolen - Polana nad Detvou, Slovakia]*. Zvolen: Slovenská Bioklimatologická Spoločnosť, 2007.

KARVONEN, T., H. KOIVUSALO, M. JAUHIAINEN, J. PALKO a K. WEPPLING. A hydrological model for predicting runoff from different land use areas. *Journal of Hydrology*. 1999, 217(3-4), 253-265.

KLIMENT, Z. a M. MATOUŠKOVÁ. Změny srážko-odtokových poměrů v pramenných oblastech povodí Otavy. In: LANGHAMMER, J., ed. *Povodně a změny v krajině*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie, 2007, 317-332.

KOCUM, J. a B. JANSKÝ. Dynamika hydrologického režimu v pramenných oblastech vodních toků. In: LANGHAMMER, J., ed. *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2008, 72-82.

KOCUM, J., J. JELÍNEK a M. JENÍČEK. Monitoring sněhové pokrývky a vyhodnocení sněhových zásob na Šumavě a v Krušných horách. In: HANKOVÁ, R., Z. KLOSE a J. PAVLÁSEK, ed. *Sborník příspěvků ze semináře XIV. Medzinárodné stretnutie snehárov: Šumava, Kubova Huť, 18.-20.3. 2009*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, 2009, 105-113.

KREŠL, J. Vliv lesa na utváření odtoku při přívalových a dlouhotrvajících deštích. *Lesnická práce: časopis pro lesnickou vědu a praxi* [online]. 1999, 78(11) [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <<http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-11-99/vliv-lesa-na-utvareni-odtoku-pri-privalovych-a-dlouhotrvajicich-destich>>

KUŘÍK, P. Vliv lesních porostů na extrémní průtoky. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. 2000, 45(2) [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <<http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/ris/ais-ris-info-copy.nsf/5B2E1B8FCEA6FF7CC1256C370073302F?opendocument>>

LANGHAMMER, J. a V. VILÍMEK. Landscape changes as a factor affecting the course and consequences of extreme floods in the Otava river basin, Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2008, 144(1-3), 53-66.

MITSCHERLICH, G. Wald, Wachstum und Umwelt. Band. 2. *Waldklima und Wasserhaushalt*. Frankfurt am Main: J.D. Sauerländer's Verlag, 1971, 365 s.

MOLČANOV, A. A. *Gidrologičeskaja rol' lesa*. Moskva: Izdatelstvo AN SSSR, 1960, 485 s.

MŽP, MV, CENIA. Portál veřejné správy České republiky: *Mapové služby* [online]. c2003-2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home/>>.

NEJADHASHEMI, A. P., B. J. WARDYNSKI a J. D. MUNOZ. Evaluating the impacts of land use changes on hydrologic responses in the agricultural regions of Michigan and Wisconsin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* [online]. 2011, 8(2), 3421-3468 [cit. 2012-07-2].  
Dostupné z: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/8/3421/2011/>>

NETOPIL, R. *Fyzická geografie I*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1984, 272 s.

PAPANKOVA, Z., O. HORVAT, K. HLAVCOVA, J. SZOLGAY a S. KOHNOVA. Scenarios of flood regime changes due to land use change in the Hron river basin. In: MARSALEK, J, G. STANCALIE a G. BALINT. *Transboundary floods: reducing risks through flood management*. Dordrecht, The Netherlands: Published in conjunction with NATO Public Diplomacy Division, c2006, 99-10.

PAVLÁSEK, J., P. MÁCA a J. ŘEDINOVÁ. Analýza hydrologických dat z Modravských povodí. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Bratislava: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i. a Ústav hydrológie SAV, 2006, 54(2), 207-216.

POBŘÍŠLOVÁ, J. a KULASOVÁ. Ukládání a tání sněhu v lese a na odlesněných partiích Jizerských hor. *Opera corcontica = Krkonošské práce*. 2000, 37, 113-119.

PODZIMEK, S. *Modelování odtoku vody ze sněhové pokrývky v lese a na otevřených plochách*. Duchcov, 2011. Diplomová práce. PřF UK. Vedoucí práce RNDr. Michal Jeníček, Ph.D.

RAHMAN, A. F. Md. A., H. HIURA, K. SHINO. a K. TAKASE. Effects of forest thinning on direct runoff and peak runoff properties in a small mountainous watershed in Kochi prefecture, Japan. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2005-2-1, 8(2), 259-266.

ROMANOWICZ, R. J., A. KULASOVÁ, J. ŘEDINOVÁ a Š. D. BLAŽKOVÁ. Influence of afforestation on water regime in Jizera Catchments, Czech Republic. *Acta Geophysica*. 2012, 60(4), 1120-1142.

SEDLÁRIKOVÁ, R. a M. MULKOVÁ. Vizualizace změn v krajině. In: *Sborník ze sympozia GIS Ostrava 2008: 27.-30.1.2008* [online]. 1. vyd. Ostrava: Tanger, 2008 [cit. 2012-06-10]. Dostupné z: <[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2008/sbornik/Lists/Papers/083.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2008/sbornik/Lists/Papers/083.pdf)>

STARÝ, M. *Hydrologie: Modul 01*. Brno: VUT, Fakulta stavební, 2005, 213 s. učební text.

STOUPA, S. *Analýza změn krajinného pokryvu nástroji GIS a DPZ v povodí horní Chomutovky*. Praha, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie. Vedoucí práce RNDr. Michal Jeníček PhD.

SVOBODA, J. et al. *Regionální geologie ČSSR.: Díl I. Český masív: Svazek 1. Krystalinikum*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství československé akademie věd, 1964, 377 s.

ŠACH, F. Měření a hodnocení složek srážko-odtokového režimu sledovaných na stacionáru Česká Čermná ve vegetačním období (v letním hydrologickém půlroce) od 1.5. do 31.1. 2005 a jejich srovnání pro různé obnovní postupy (holá seč, clonná seč, kontrolní porost). In: KANTOR, P., F. ŠACH, V. ČERNOHOUS a Z. KARL. *Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací - povodní a sucha: Projekt NAZV IG57016*. Brno, Opočno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta; VÚLHM, 2005, 30-43.

TESAŘ, M., M. ŠÍR, J. DVOŘÁK a L. LICHNER. Influence of vegetative cover changes on the soil water regime in headwater regions in the Czech Republic. In: HERRMANN, A. a U. SCHRÖDER, ed. *Studies in Mountain Hydrology*. Koblenz: IHP, HWRP - Berichte, 2004, 57-72. Heft 2.

TESAŘ, M., M. ŠÍR a E. ZELENKOVÁ. Vliv vegetace na vodní a teplotní režim tří povodí ve vrcholovém pásmu Šumavy. In: ŠUSTR, P. a L. DVOŘÁK, ed. *Aktuality šumavského výzkumu II: sborník z konference, Srní 4.-7. října 2004*. Vimperk: Správa NP a CHKO Šumava, 2004, 84-88.

TOLASZ, R. et al. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, 255 s.

TRIZNA, M. Klimageografia a hydrogeografia. 1. vyd. Bratislava: Geo-grafika, 2004, 154 s. Extern.

TWINE, CH. J., J. A. KUCHARIK a FOLEY. Effects of land cover change on the energy and water balance of the Mississippi River Basin. *Journal of hydrometeorology*. 2004, 5(4), 640-655.

UNUCKA, J. a M. ADAMEC. Modelování vlivu krajinného pokryvu na srážkoodtokové vztahy v povodí Olše. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Bratislava: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i. a Ústav hydrologie SAV, 2008, 56(4), 257-271.

VÁLEK, Z. Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel. SZN Praha, 1977, 203 s.

VÚLHM, v.v.i. *Vývoj hydrického působení lesů malých horských povodí* [online]. 2003-2007 [cit. 2012-07-05].

Dostupné z: <[http://www.vulhm.cz/index.php?p=vyvoj\\_hydrickeho\\_pusobeni&site=default](http://www.vulhm.cz/index.php?p=vyvoj_hydrickeho_pusobeni&site=default)>

WEIHE, J. Die Reaktion von Buchen- und Fichtenbeständen auf den Regen. *Allg. Forstzeitschrift*. 1973, 28(42), 955-957.

WU, W., Ch. A. S. HALL a F. N. SCATENA. Modelling the impact of recent land-cover changes on the stream flows in northeastern Puerto Rico. *Hydrological Processes*. 2007-10-15, 21(21), 2944-2956.

ZÁVACKÁ, M a J. MERGANIČ. Vplyv lesa na odtok vody z malého povodia. *Acta Facultatis forestalis Zvolen, Slovakia*. 2003, XLV, 101-112.

ZELENÝ, V. Vliv pěstebních a těžebních zásahů v lese na odtok vody. Zbraslav, VÚM, 1974, 75 s.

## 8 Seznam obrázků

- Obr. 1:** Srovnání průměrné výšky ročního celkového odtoku a jeho složek při aktuálním land use a při simulovaných změnách využití půdy (Papankova et al., 2006, upraveno)
- Obr. 2:** Maximální roční průměrné denní průtoky pro současný stav a různé scénáře (Papankova et al., 2006, upraveno)
- Obr. 3:** Hladinoměr Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, závěrový profil Tišina
- Obr. 4:** Geografická poloha povodí horní Chomutovky (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Obr. 5:** Satelitní snímek zájmového povodí (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Obr. 6:** Geologická mapa povodí horní Chomutovky (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Obr. 7:** Výškové poměry povodí horní Chomutovky (zdroj dat: výškopisná databáze ZABAGED; DIBAVOD)
- Obr. 8:** Sklony svahů v povodí horní Chomutovky (zdroj dat: výškopisná databáze ZABAGED)
- Obr. 9:** Mapa půdních typů v povodí horní Chomutovky (zdroj dat: půdní mapa 1 : 50 000, ČGS)
- Obr. 10, 11:** Vlevo snímek dolní části Dieterovy štolý ústící do Chomutovky, vpravo snímek údolí Chomutovky
- Obr. 12, 13:** Medvědí vodopády – vpravo horní část, vlevo dolní část
- Obr. 14:** Mapa krajinného pokryvu v povodí horní Chomutovky CORINE Land Cover 2006 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Obr. 15, 16:** Vpravo snímek obnovy lesa po vymýcení, vlevo snímek smíšeného lesa
- Obr. 17, 18:** Vpravo poškozené smrkové porosty na rašeliništních plochách, vlevo louky přítomné v povodí
- Obr. 19:** a) Podíl ploch typů krajinného pokryvu na celkové ploše v jednotlivých letech  
b) Znázornění nárůstu/ úbytku ploch krajinného pokryvu v jednotlivých letech
- Obr. 20:** Posun objektů (konkrétně Novoveský rybník) mezi ortofotomapami z let 1975 a 2010

## 9 Seznam tabulek

- Tab. 1:** Podíl povodí, který musí být ovlivněn změnou krajinného pokryvu pro dosažení významného dopadu na průměrný povrchový odtok, doplnění zásob podzemních vod nebo na celkový odtok (Eckhardt et al., 2003, upraveno)
- Tab. 2:** Potenciální dopad změn ve využívání půdy na povrchové a podpovrchové hydrologické procesy (proudění nebo zadržení) a význam pro složky hydrologického cyklu. (Bronstert et al., 2002, upraveno)
- Tab. 3:** Srovnání intercepce a stoku po kmeni v bukovém a smrkovém porostu (Kantor et al, 2003, upraveno)
- Tab. 4:** Porovnání odtokových poměrů (Kuřík, 2000)
- Tab. 5:** Geomorfologické zařazení experimentálního povodí (Demek et al., 1987; Atlas krajiny ČR, 2009)
- Tab. 6:** Reklasifikace map krajinného pokryvu
- Tab. 7:** Kvantifikace krajinného pokryvu mezi lety 1975, 1987 a 2010
- Tab. 8:** Kvantifikace změn krajinného pokryvu mezi lety 1975, 1987 a 2010
- Tab. 9:** Kvantifikace změn mezi jednotlivými typy krajinného pokryvu mezi lety 1975 a 1987
- Tab. 10:** Kvantifikace změn mezi jednotlivými typy krajinného pokryvu mezi lety 1987 a 2010

## 10 Seznam příloh

- Příloha 1:** Shrnutí hlavních hydrologických účinků změny ve využívání půdy (Calder, 1993, upraveno)
- Příloha 2:** Ortofotomapa území z leteckých snímků z roku 1975 (zdroj dat: VGHMÚř, upraveno v Stoupa, 2011)
- Příloha 3:** Ortofotomapa území z leteckých snímků z roku 1987 (zdroj dat: VGHMÚř, upraveno v Stoupa, 2011)
- Příloha 4:** Ortofotomapa území z roku 2010 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 5:** Mapa krajinného pokryvu v povodí horní Chomutovky v roce 1975 (zdroj dat: Stoupa, 2011)
- Příloha 6:** Mapa krajinného pokryvu v povodí horní Chomutovky v roce 1987 (zdroj dat: Stoupa, 2011)
- Příloha 7:** Mapa krajinného pokryvu v povodí horní Chomutovky v roce 2010 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 8:** Podrobnější mapa krajinného pokryvu v povodí horní Chomutovky v roce 2010 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 9:** Mapa krajinného pokryvu CORINE Land Cover 1990 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 10:** Mapa krajinného pokryvu CORINE Land Cover 2000 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 11:** Mapa krajinného pokryvu CORINE Land Cover 2006 (zdroj dat: MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 12:** Mapa stabilního krajinného pokryvu povodí horní Chomutovky v roce 1975 a 1987 (zdroj dat: Stoupa, 2011)
- Příloha 13:** Mapa stabilního krajinného pokryvu povodí horní Chomutovky v roce 1987 a 2010 (zdroj dat: Stoupa, 2011; MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 14:** Mapa stabilního krajinného pokryvu povodí horní Chomutovky v roce 1975 až 2010 (zdroj dat: Stoupa, 2011; MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 15:** Mapa změny ploch lesů v povodí horní Chomutovky mezi lety 1975 a 1987 (zdroj dat: Stoupa, 2011)
- Příloha 16:** Mapa změny ploch luk a pastvin v povodí horní Chomutovky mezi lety 1975 a 1987 (zdroj dat: Stoupa, 2011)
- Příloha 17:** Mapa změny ploch lesů v povodí horní Chomutovky mezi lety 1987 a 2010 (zdroj dat: Stoupa, 2011; MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 18:** Mapa změny ploch luk a pastvin v povodí horní Chomutovky mezi lety 1987 a 2010 (zdroj dat: Stoupa, 2011; MŽP, CENIA, 2012)
- Příloha 19:** Změny mezi kategoriemi krajinného pokryvu v letech 1975, 1987 a 2010
- Příloha 20:** Fotogalerie (Foto Petra Kratochvílová)